1977 ISSN 0017 – 4939

HERMANN SCHROEDEL VERLAG KG
Hannover · Dortmund · Darmstadt · Berlin

Gesamtherstellung: Druckerei Hans Oeding, Braunschweig

Printed in Germany

H 6661 F

Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft

Erste deutschsprachige Zeitschrift für Kybernetische Pädagogik und Bildungstechnologie

Informations- und Zeichentheorie
Sprachkybernetik und Texttheorie
Informationspsychologie
Informationsästhetik
Modelltheorie
Organisationskybernetik
Kybernetikgeschichte
und Philosophie der Kybernetik

Begründet 1960 durch Max Bense, Gerhard Eichhorn und Helmar Frank

Band 18 · Heft 2
Juni 1977
Kurztitel: GrKG 18/2

INHALT

HERMANN SCHROEDEL VERLAG KG

Im Verlaufe der sechziger Jahre gewann im deutschen Sprachraum, insbesondere im Umkreis der „Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft", die Erkenntnis an Boden, daß die eigentliche Triebfeder der Kybernetik das Bedürfnis ist, die Vollbringung auch *geistiger* Arbeit an technische Objekte zu delegieren, kurz: sie zu *objektivieren*, und daß dies nicht ohne eine über die geisteswissenschaftlich-phänomenologische Reflexion hinausgehende wissenschaftliche Anstrengung in vorhersehbarer und reproduzierbarer Weise möglich ist, nämlich nicht ohne eine *Kalkülisierung* geistiger Arbeit. Die Bedeutung der Logistik, der Informationstheorie und der Theorie abstrakter Automaten als mathematische Werkzeuge wird von diesem Gesichtspunkt aus ebenso einsichtig wie der breite Raum, den die Bemühungen um eine Kalkülisierung im Bereich der *Psychologie* und im Bereich der Sprache bzw., allgemeiner, der *Zeichen*, einnahmen.

Die geistige Arbeit, deren Objektivierbarkeit allmählich zum Leitmotiv dieser Zeitschrift wurde, ist nicht jene geistige Arbeit, die sich selbst schon in bewußten Kalkülen vollzieht und deren Objektivierung zu den Anliegen jenes Zweiges der Kybernetik gehört, die heute als Rechnerkunde oder Informatik bezeichnet wird. Vielmehr geht es in dieser Zeitschrift vorrangig darum, die verborgenen Algorithmen hinter jenen geistigen Arbeitsvollzügen aufzudecken oder wenigstens durch eine Folge einfacherer Algorithmen anzunähern und damit immer besser objektivierbar zu machen, welche zur Thematik der bisherigen Geisteswissenschaften gehören. Der größte Bedarf an Objektivation in diesem Bereiche ist inzwischen bei der geistigen Arbeit des *Lehrens* aufgetreten. Mit der Lehrobjektivation stellt diese Zeitschrift ein Problem in den Mittelpunkt, dessen immer bessere Lösung nicht ohne Fortschritte auch bei der Objektivierung im Bereich der Sprachverarbeitung, des Wahrnehmens, Lernens und Problemlösens, der Erzeugung ästhetischer Information und des Organisierens möglich ist. Die Bildungstechnologie als gemeinsamer, sinngebender Bezugspunkt soll künftig auch bei kybernetikgeschichtlichen und philosophischen Beiträgen zu dieser Zeitschrift deutlicher sichtbar werden. (GrKG 13/1, S. 1 f.)

Manuskriptsendungen gemäß unseren Richtlinien auf der dritten Umschlagseite an die Schriftleitung:

Prof. Dr. Helmar Frank
Assessorin Brigitte Frank-Böhringer
(Geschäftsführende Schriftleiterin)
Institut für Kybernetik
Riemekestraße 62, D - 4790 Paderborn
Tel.: (0 52 51) 3 20 23 u. 3 20 90

Die GrKG erscheinen in der Regel mit einer Knapptextbeilage in Internationaler Sprache mit dem Titel „Homo kaj Informo".

Anzeigenverwaltung und Vertrieb: Hermann Schroedel Verlag KG, Zeißstraße 10, D - 3000 Hannover 81

Erscheinungsweise: Viermal im Jahr mit je ca. 36 Seiten.
Preis: Einzelheft DM 9,— Jahresabonnement DM 31,40
Jeweils zuzüglich Versandspesen. Alle Preise enthalten 5,5 % MWSt.

Abbestellungen von Jahresabonnements nur bis einen Monat vor Jahresende.

Ein Algorithmus für Optimierung von Lehrsequenzen unter Berücksichtigung der Kohärenzlänge

von B. BOŠNJAKOVIĆ, Den Haag, und D. SIMONS, St. Ingbert

Beim Lehren eines kohärenten Lehrstoffs ist die Anordnung der einzelnen Lehrstoffelemente von großer Bedeutung, da das Lernen eines Elementes sehr stark davon abhängen kann,

1. ob gewisse andere Elemente bereits gelernt sind oder nicht
2. wann gewisse andere Elemente, die für das gerade zu lernende wichtig sind, angeboten wurden oder nicht.

Eine allgemeine Analyse des Problems muß also davon ausgehen, daß der Lernaufwand für ein gewisses Lehrstoffelement in einem kohärenten Lehrstoff vom Lernzustand des Adressaten bezüglich aller Lehrstoffelemente des Lehrstoffs im Sinne von (1.) und von der Lehrgeschichte im Sinne von (2.) abhängig ist. Diese Abhängigkeiten sind bei der Konstruktion eines optimalen Lehrwegs, bei dem irgendein „Lehraufwandsmaß" minimal werden soll, zu beachten.
Um die Komplexität dieses Problems deutlich werden zu lassen, mögen folgende Überlegungen angestellt werden:
Der Lehrstoff bestehe aus 17 Elementen (diese Zahl ist sicher nicht zu groß und bezieht sich auf ein unten näher ausgeführtes Beispiel). Es gibt dann maximal 2^{17} Lernzustände (jeder Zustand kann formal durch ein Wort der Länge 17 über $\{0,1\}$ codiert werden. Eine 1 an i-ter Stelle, $1 \leqslant i \leqslant 17$, bedeutet, daß das i-te Element gelernt ist, eine 0 das Gegenteil). Von diesen 2^{17} Zuständen ist allerdings nur ein Bruchteil aufgrund der „logischen Struktur" des Lehrstoffs erreichbar. Dies wird deutlich, wenn man die logische Struktur des Lehrstoffs durch ein Niveauschema darstellt, das die Voraussetzungsstruktur des Lehrstoffs widerspiegelt. Folgende beiden Bilder geben Beispiele für die Lehrstoffe Vektorrechnung (Bild 1) und Vektoranalysis (Bild 2).

Bei sechs Lehrstoffelementen gibt es maximal $2^6 = 64$ Zustände, die aber nicht alle logisch erlaubt sind. Ausgeschlossen wäre z.B. ein Zustand, in dem etwa der Begriff der Vektorprojektion gelernt wäre, aber nicht der des Vektors. Niveauschema 1 erlaubt nur 17 Zustände. Für den Stoff der Vektoranalysis (17 Elemente entsprechend Bild 2) ergeben sich maximal $2^{17} = 131072$ Lernzustände, wovon nur 412 erlaubt sind (0.3 %).

Für jeden dieser logisch möglichen Zustände muß ein Lernaufwand für ein weiteres zu lernendes Element angegeben werden. In diesem so bewerteten Zustandsraum ist ein optimaler Weg zu finden, der von einem Anfangszustand in einen Zielzustand

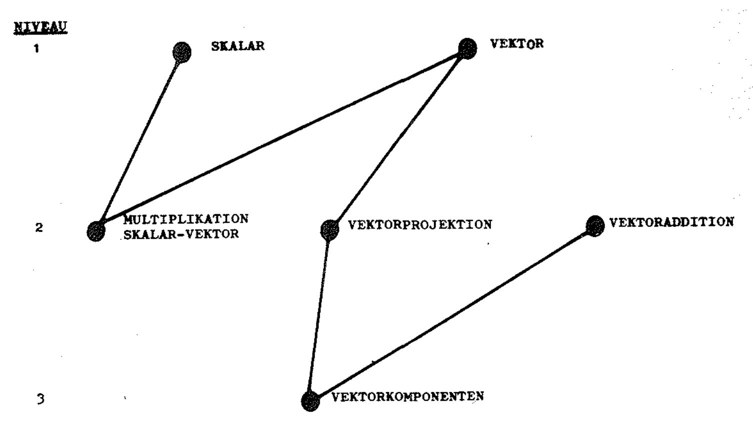


Bild 1: Kohärenzstrukturdiagramm für den Lehrstoff „Vektorrechnung".

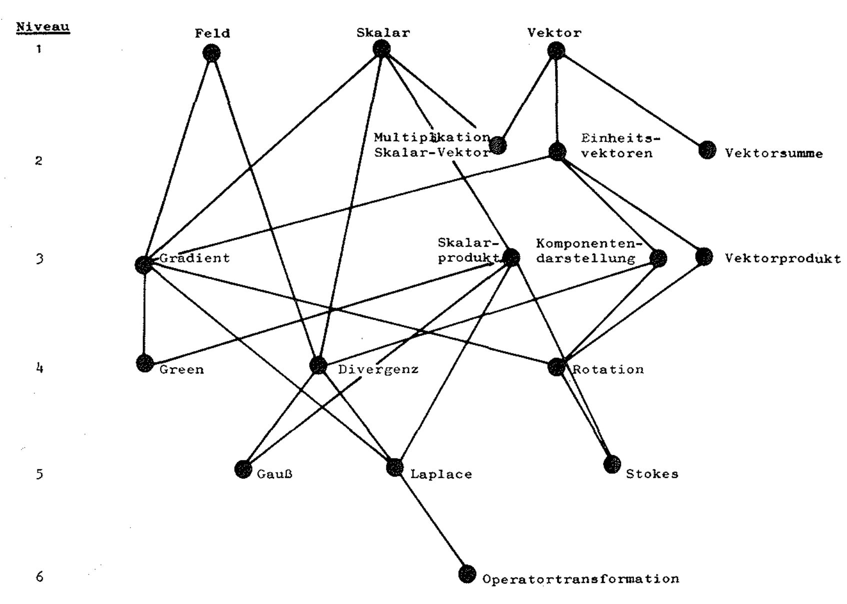


Bild 2: Kohärenzstrukturdiagramm für den Lehrstoff „Vektoranalysis". Logisch abhängige Elemente sind miteinander verbunden, wobei das Voraussetzungselement stets höher gezeichnet ist.

führt. Hierbei sind natürlich nur Zustandsübergänge von einem Zustand Z_1 in einen Zustand Z_2 zu betrachten, wenn sich die angegebene Codierung von Z_2 von der Codierung von Z_1 nur durch eine zusätzliche 1 unterscheidet, denn es kann nur das Element gelernt werden, das angeboten wird, und Vergessenseffekte werden nicht beachtet.

Abgesehen von der formalen Schwierigkeit, einen solchen optimalen Weg zu finden, stellt sich das Problem der Bewertung der Zustände für ein weiteres zu lernendes Element bezüglich des Lernaufwands. Offenbar ist ein Bewertungsmodell zu finden, das aus wenigen zu messenden oder zu schätzenden Daten die Bewertungen für die einzelnen Zustände zu erhalten gestattet.

Diese Konstruktionsmethode für den optimalen Lehrweg berücksichtigt nur den jeweils momentanen Zustand des Adressaten. Ein solches Verfahren macht keinen Gebrauch von dem anerkannten didaktischen Prinzip, bereits bekannte Lehrstoffelemente, die für ein gewisses anderes, gerade zu lernendes als besonders wichtig erscheinen, zu wiederholen, um dem Lernenden starke Assoziations- und Transfermöglichkeiten zu geben und das Lernen so zu erleichtern. In diesem Sinne ist der Punkt 2 (Abhängigkeit des Lernaufwands von der Lehrgeschichte) genauer zu verstehen.

Die zusätzliche Betrachtung dieser Abhängigkeit des Lernaufwands für ein bestimmtes Lehrstoffelement würde das Problem noch weiter komplizieren. Jeder mögliche Lernzustand würde aufspalten in eine Anzahl von Unterzuständen, die gleich wäre der Anzahl der verschiedenen Möglichkeiten, den Lernzustand im ersten Sinne unter Berücksichtigung der Wiederholung bekannter Elemente zu erreichen.

Es ist also naheliegend, das Problem aufzuspalten, d.h., einmal das Problem des optimalen Lehrwegs nur in Abhängigkeit von den erreichten Lernzuständen zu betrachten (also ohne Berücksichtigung der Lehrgeschichte) und ein andermal nur in Abhängigkeit vom Lehrweg im Sinne des Punktes 2 und dann beide Ergebnisse durch einen heuristischen Ansatz zu verkoppeln.

Das Problem des optimalen Lehrwegs bei Berücksichtigung der Lernzustände kann etwa mit Methoden der dynamischen Optimierung gelöst werden (vgl. Simons, 1974). Das Problem des optimalen Lehrwegs unter Berücksichtigung der Lehrgeschichte, bei Vernachlässigung des Zustands, wurde von Weltner (1975) und Bošnjaković (1975) behandelt.
Weltner gibt ein modifiziertes „branch and bound"-Verfahren zur Konstruktion des Lehrwegs an, wenn Lernerleichterungen nur zwischen zwei unmittelbar aufeinanderfolgenden Lehrstoffelementen bestehen. Das Verfahren zeichnet sich durch Kürze und Übersichtlichkeit aus.

Bošnjaković konnte empirisch durch Untersuchung von Lehrbüchern zeigen, daß das Auftreten von Lehrstoffelementen im Lehrbuch im wesentlichen durch die logische Struktur des Lehrstoffs und eine Kohärenzlänge gegeben ist. Der Begriff der Kohärenzlänge ist ein Bindeglied zwischen der logischen Struktur des Lehrstoffs und der tatsächlichen Reihenfolge der Lehrstoffelemente. Die Elemente lassen sich nach Niveaus ordnen (siehe Bild 1 und 2), wobei die Elemente des ersten Niveaus voraussetzungslos sind, die des n–ten Niveaus von den Elementen des $(n-1)$ –ten und evtl. niedrigeren Niveaus abhängen (siehe z.B. Bild 1). Der Strukturabstand L^S_{ij} der Elemente

i, j ist dann die Differenz der entsprechenden Niveaus. (Diese Definition wurde aus rechentechnischen Gründen ein wenig abweichend von der ursprünglichen Definition gewählt, ohne daß sich dadurch prinzipielle Konsequenzen ergeben.) Der Textabstand (= Lehrabstand) L_{ij}^{T} zweier Elemente ist die kleinste Anzahl von Lehrschritten zwischen dem Erstauftreten eines Elementes j im Lehrprogramm und dem Lehren eines Voraussetzungselementes i (das Voraussetzungselement darf mehrmals auftreten).

Die Analyse mehrerer Lehrbücher der theoretischen Physik hat nun ergeben, daß die Differenz $\Delta_{ij} = | L_{ij}^{S} - L_{ij}^{T} |$ mit hoher Wahrscheinlichkeit klein bleibt, d.h. nur selten einen kritischen Wert Δ_K überschreitet, der den Namen Kohärenzlänge trägt. Der Wert der Kohärenzlänge wurde zu $\Delta_K = 5{,}0 \pm 0{,}5$ Lehrschritten bestimmt (Bošnjaković, 1975), was einer Zeit von etwa 2 Stunden entspricht. In Lehrbüchern wird die Kohärenzbedingung $\Delta_{ij} \leqslant \Delta_K$ dadurch erreicht, daß intuitiv a) optimales Erstauftreten von Elementen gewählt wird und b) Wiederholungen hinzugefügt werden.

Die vorliegende Arbeit versucht, alle drei Ansätze zu vereinheitlichen und dadurch einen Algorithmus zur automatischen Lehrweggenerierung zu gewinnen. Ausgangspunkt ist, wie bei der Weltnerschen Konstruktionsmethode, die sogenannte „Lernerleichterungsmatrix": Das Element a_{ij} gibt die Lernerleichterung für das neu zu lernende Lehrstoffelement j an, wenn unmittelbar vorher das Element i gelernt wurde. Die Matrixelemente selbst werden geschätzt (Bild 3).

Es werde nun angenommen, daß die Lernerleichterung in einem bestimmten Lernzustand bezüglich eines zu lernenden Elementes sich additiv aus den Lernerleichterungen der „Weltner–Matrix" bezüglich des zu lernenden Elementes zusammensetzt. Für dieses „Bewertungsmodell" der Zustände lassen sich folgende Argumente anführen:

Wenn durch hinreichend häufige Wiederholungen dafür gesorgt wird, daß alle Voraussetzungselemente beim Angebot des zu lernenden Elementes dem Adressaten präsent sind (das ist die lernpsychologische Deutung der Bedingung $\Delta_{ij} \leqslant \Delta_K$), so wirken sich die Lernerleichterungen, zumindestens für die Voraussetzungselemente, additiv aus, sofern destruktive Interferenzeffekte klein sind. In dem so bewerteten Zustandsraum wird ein optimaler Lehrweg gesucht, d.h. genauer, ein Weg, für den die Summe der durchlaufenen Bewertungen maximal wird. Das Verfahren ist in Bild 4 genauer erfaßt.

An den einzelnen Übergängen zwischen den Zuständen stehen die Bewertungen. Die Zahl über dem Zustand gibt die Gesamtbewertung eines optimalen Weges an, der vom betreffenden Zustand aus zum Zielzustand führt. Der Buchstabe über dem Zustand kennzeichnet das optimale Element, das anzubieten ist. Zu beachten ist, daß es in einem bestimmten Zustand durchaus mehrere optimale Lehrabgänge geben kann. Das Verfahren liefert für obiges Beispiel folgende optimale Lehrwege der Bewertungssumme 72 (Bild 5).

Ein optimaler Lehrweg, der nach dem Weltnerschen Verfahren konstruiert wurde, also nur Lernerleichterung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Elementen berücksichtigt,

NACH / VOR	SKALAR	VEKTOR	VEKTOR-PROJEKTION	VEKTOR-ADDITION	VEKTOR-KOMPONENTEN	MULTIPLIKATION SKALAR-VEKTOR
SKALAR	-	8	3	2	3	7
VEKTOR	5	-	6	9	-	7
VEKTOR-PROJEKTION	1	-	-	3	9	1
VEKTOR-ADDITION	2	-	4	-	6	3
VEKTOR-KOMPONENTEN	1	-	-	-	-	2
MULTIPLIKATION SKALAR-VEKTOR	-	-	2	3	3	-

Bild 3: Lernerleichterungsmatrix („Weltnermatrix") für den Lehrstoff „Vektorrechnung".

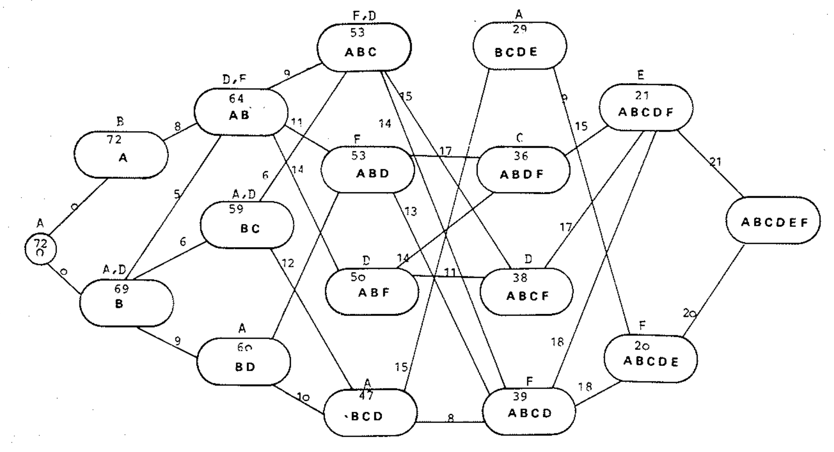


Bild 4: Die Gesamtheit der zulässigen Lernzustände und der zulässigen Zustandsübergänge für den Lehrstoff „Vektorrechnung".

führt auf folgenden Lehrweg (bei Zugrundelegung derselben Ausgangsmatrix): Skalar, Vektor, Vektoraddition, Projektion, Komponentendarstellung, Vektor-Skalar-Multiplikation.

Eine für 17 Elemente durchgeführte Rechnung führt auf Bild 6 (Lehrstoff Vektoranalysis).

In dem so gefundenen Lehrweg werden nun die Wiederholungen von Lehrstoffelementen eingeführt, so daß die Kohärenzbedingung möglichst erfüllt ist.

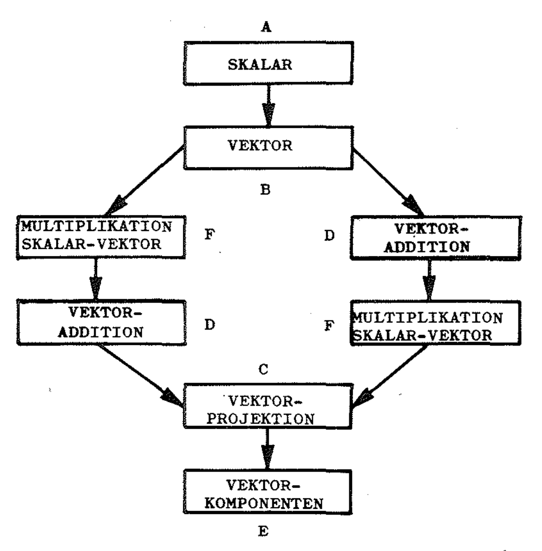


Bild 5: Optimale Lehrwege für den Lehrstoff „Vektorrechnung"

Der Algorithmus dieses Verfahrens sieht folgendermaßen aus:
Als Anfangsreihenfolge wird eine optimale Anordnung gemäß Abbildung 6 gewählt. Für jedes Element x ($x = 1, \ldots, 17$) werden nun alle seine Voraussetzungselemente i_x durchmustert und geprüft, ob die Kohärenzbedingungen $\Delta i_x, x \leqslant \Delta_K$ erfüllt ist. Ist diese Bedingung nicht erfüllt, bedeutet das, daß das Element i_x in einem zu großen Lehrschrittabstand vom Element x angeboten wurde. In diesem Fall wird das Element i_x wiederholt und zwar an einer Stelle, für die gilt $L^{S}_{i_x,x} = L^{T}_{i_x,x}$, d.h. $\Delta i_x, x = 0$. Die Gesamtanzahl der Angebote von Lehrstoffelementen nimmt damit um 1 zu. Die Iteration gilt als erfolgreich beendet, wenn eine Anordnung erreicht worden ist, bei der die Kohärenzbedingung für alle abhängigen Elementenpaare erfüllt ist. Vom didaktischen Standpunkt aus erscheint diese strenge Forderung nicht als unbedingt erforderlich, d.h., man kann mit weniger Wiederholungen auskommen, dafür aber einige wenige Verletzungen der Kohärenzbedingung in Kauf nehmen, wie es ja auch in Lehrbüchern geschieht (Simons, 1974).

Bild 7 zeigt das Ergebnis des Iterationsverfahrens, wenn $\Delta_K = 6$. Es ergeben sich 29 Wiederholungen, also insgesamt 17 + 29 = 46 Angebote der Lehrstoffelemente.

Wir haben die Stabilität des optimalen Lehrwegs gegenüber Veränderungen des Kohärenzgraphen sowie gegenüber Veränderungen der Weltner-Matrix studiert. Aus dem betrachteten Beispiel der Vektoranlaysis (17 Elemente) kann folgendes vorläufige Ergebnis abgeleitet werden:

1. Bis zu 10 Änderungen der logischen Abhängigkeiten im Graphen ändern den optimalen Lehrweg nur unwesentlich.

2. Die Empfindlichkeit des optimalen Lehrwegs gegenüber unterschiedlichen Schätzwerten der Weltner-Matrix scheint größer zu sein. Die große Variation der Schätzwerte hängt damit zusammen, daß die Objektivierung der Erhebungsart der Schätzwerte auf nicht unerhebliche Schwierigkeiten stößt.

Schlußbemerkung

Die vorliegende Arbeit gibt ein Konstruktionsverfahren für automatische Generierung von optimalen Lehrsequenzen an, das die logische Struktur des Lehrstoffs, den Lernzustand des Adressaten und die Lehrgeschichte (innerhalb der Kohärenzlänge) berücksichtigt.

Notwendige Voraussetzung des Verfahrens sind geschätzte Lernerleichterungen zwischen Lehrstoffelementen. Hierbei gilt es noch, den Begriff „Lernerleichterung" inhaltlich und methodologisch zu präzisieren.

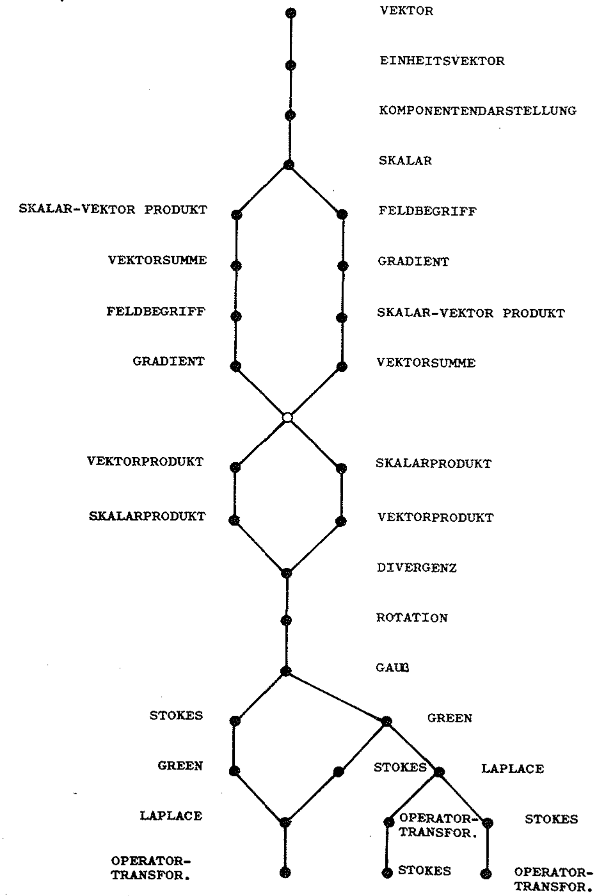


Bild 6: Optimale Lehrwege für den Lehrstoff „Vektoranalysis"

1. VEKTOR
2. EINHEITSVEKTOREN
3. KOMPONENTENDARSTELLUNG
4. SKALAR
5. SKALAR-VEKTOR PRODUKT
6. VEKTORSUMME
7. FELDBEGRIFF , VEKTOR
8. GRADIENT , EINHEITSVEKTOREN
9. VEKTORPRODUKT , SKALAR , KOMPONENTENDARSTELLUNG
10. SKALARPRODUKT
11. DIVERGENZ ,FELDBEGRIFF ,EINHEITSVEKTOREN , GRADIENT , VEKTORPRODUKT , VEKTOR
12. ROTATION , KOMPONENTENDARSTELLUNG , FELDBEGRIFF , SKALAR , SKALARPRODUKT , DIVERGENZ , EINHEITSVEKTOREN
13. GAUßSCHER SATZ , VEKTOR , GRADIENT , SKALAR , KOMPONENTENDARSTELLUNG , ROTATION , FELDBEGRIFF , VEKTORPRODUKT , SKALARPRODUKT
14. STOKESSCHER SATZ , SKALARPRODUKT , SKALAR , FELDBEGRIFF , KOMPONENTENDARSTELLUNG , GRADIENT , DIVERGENZ
15. GREENSCHER SATZ
16. LAPLACE OPERATOR
17. OPERATORTRANSFORMATION

Bild 7: Automatisch generierte Lehrsequenz „Vektoranalysis"

Unter den Lehrstoffelementen werden in dieser Arbeit abgeschlossene längere Lehreinheiten verstanden, die bis zu einer halben Stunde Zeit beanspruchen können. Insofern kann das Verfahren Anwendung finden bei der Planung von Lehrgängen und größeren Unterrichtsfolgen.

Schrifttum

Bošnjaković, B.: Theorie und Praxis der Kohärenzlänge, GrKG 16/1, Schroedel, 1975, S. 9–18

Simons, D.: Lehrweggenerierung mit Methoden der Dynamischen Optimierung, GrKG 15/1, Schroedel Verlag, 1974, S. 27–30

Weltner, K.: Lernen im Zusammenhang – über ein Verfahren zur Bestimmung der optimalen Reihenfolge für Lehrstoffanordnungen. Zeitschrift für Erziehungswissenschaftliche Forschung, 1975.

Eingegangen am 22. April 1977

(Diese Arbeit entstand im Institut für Kyb. Pädagogik, FEoLL, Paderborn.)

Anschriften der Verfasser:

Dr. B. Bošnjaković, Mezenlaan 2, Den Haag, Niederlande
Dr. Dirk Simons, In der Kohldell 62, 6670 St. Ingbert.

Rechnerunterstützter Unterricht in den sprachlichen Studiengängen der Lehrerausbildung

von Rita NELLES und Marita SENNEKAMP, Freiburg

1. *Problemstellung*

Anlaß für unsere Untersuchung ist die Beobachtung, daß der rechnerunterstützte Unterricht (RUU) in den sprachlichen Fächern nur selten erörtert wird. Wir möchten

(1) auf die Schwierigkeiten hinweisen, die sich in diesen Gebieten grundsätzlich bereits bei der Stoffauswahl ergeben,

(2) exemplarisch zeigen, daß sich auch im Hinblick auf neuere Tendenzen in der Didaktik RUU in den sprachlichen Fächern inhaltlich und didaktisch sinnvoll einsetzen läßt.

(Die angeführten Programme sind in den Projekten Deutsch, Französisch und Fehlerkunde der PH Freiburg erstellt worden. Wir danken insbesondere Herrn Denk für eine Diskussion über literaturwissenschaftliche Methoden.)

2. *Literaturwissenschaftliche Anwendungen*

Die Literaturwissenschaft beschäftigt sich hauptsächlich mit der Interpretation von „fiktionalen" Texten, d.h. Texten, die Sachlagen unabhängig von ihrer Übereinstimmung mit außersprachlichen Gegebenheiten darstellen. Eine wesentliche Aufgabe ist es dabei, das Verhältnis von Text und Rezipient zu beschreiben. Wie in dialogischen Sprechsituationen wird auch in der monologischen eines literarischen Textes „Rede" erst durch einen Rezipienten aktualisiert. Für den Rezipienten von Literatur entsteht dabei das Problem, den meist mehrdeutigen Text sozusagen „richtig" zu verstehen (vgl. FUNKKOLLEG, 1976). Eine Interpretation ist abhängig von den subjektiven Voraussetzungen des Rezipienten, wie dessen Erwartungshorizont, Vorwissen, Alter etc. So wird z.B. eine Brecht-Ballade von einem 10-jährigen anders aufgenommen als von einem Abiturienten.
Eine literaturwissenschaftliche Methode muß daher Kriterien für die Analyse von literarischen Texten unter Einbeziehung der divergierenden Rezipientenrollen entwickeln. Dadurch, daß der Analysator selbst potentieller Rezipient ist und auf seine Weise den Text versteht, ist eine strenge Trennung von Untersuchendem (=Subjekt) und Untersuchungsgegenstand (=Objekt), wie dies in den Naturwissenschaften gegeben ist, nicht mehr möglich. Damit wird für die Interpretation von Texten notwendig, hermeneutische Verfahren mit zu berücksichtigen. (Vgl. „METHODENDISKUSSION" (1971, S. 7): „Ihr (Hermeneutik, Verf.) liegt die Überzeugung zugrunde, daß die historische Überlieferung in subjektiv vermitteltem Sinn bestehe und die Kultur- und Sozialwissen-

schaften durch die prinzipielle Unterscheidung von der Natur eine eigene Methode des Verstehens forderten.") Da sich mit diesen Methoden keine „objektiven" Kriterien für die Falsifizierbarkeit einer Textinterpretation aufstellen lassen, ist die Entscheidung über das Zutreffen einer Interpretation letztlich abhängig von der Plausibilität der Argumentation. Ihre Bewertung erfolgt nicht willkürlich, sondern ist eingebunden in komplexe soziale Faktoren.

Die Darstellung der speziellen Situation der Literaturwissenschaft sollte verdeutlichen, daß RUU-Programme für das Auffinden, Beurteilen und Üben von Textinterpretationen nicht geeignet sind. Die Lehrstoffe von RUU-Programmen müssen nämlich gut strukturierbar, eindeutig und formalisierbar sein, um in Algorithmen dargestellt werden zu können. Gut programmierbar sind Bereiche, bei denen die zu bearbeitenden Daten eindeutig aufgrund bestimmter Kriterien als „falsch" bzw. „richtig" klassifiziert werden können, wie es z.B. bei Fragen der Metrik, rhetorischer Stilfiguren u.a. der Fall ist.

Ein Beispiel dafür ist das tutorielle Programm LYRA (Autoren: R. Denk, M. Sennekamp). Es vermittelt Kenntnisse über Begriffe, die bei Gedichtinterpretationen vorausgesetzt werden, und es überprüft ihre Anwendung. Bei jeder Aufgabe hat der Lerner zwei Lösungsversuche. Findet er die Antwort nicht bei der ersten Eingabe, erhält er eine gezielte Hilfe bzw. bei der zweiten falschen Eingabe die Lösung. Dabei folgt auch bei exakter Beantwortung auf die Bestätigung eine Lehrsequenz, um durch eine gewisse Redundanz das Wissen zu festigen. Ebenfalls aus didaktischen Erwägungen heraus werden verschiedene Aufgabestellungen gewählt:

- Auswahlantworten
- Zuordnungsaufgaben
- Anwendung von Begriffen auf vorgegebene Beispiele
- Finden von Beispielen für ein gegebenes Problem

Die letzten beiden Aufgaben sind jeweils so formuliert, daß die Eingabe des Studenten mit Hilfe von Schlüsselwörtern überprüfbar bleibt. (Dafür steht ein spezielles Service-Programm „KEYWORD" (Autor: H.W. Vollmer) zur Verfügung, das es erlaubt, bis zu zwanzig möglichen Antwortzeilen abzuspeichern, die „automatisch" bei der Eingabe überprüft und ausgewertet werden.)

Zur Veranschaulichung geben wir ein kurzes Dialogbeispiel:

Aufgabe 8: Geben Sie den Reim an, der in den folgenden Verszeilen vorliegt:
Als wach mich hat der Sonne Schein gerüttelt
Fragt ich mich bang: hab ich auch rein geschüttelt?

Eingabe: Es liegt ein Knittelvers vor

Kommentar: Ihre Antwort ist nicht richtig. Die Lösung ist bereits „wörtlich" in dem Beispiel vorgegeben. Versuchen Sie es noch einmal!

Eingabe: Ich weiß nicht

Kommentar: Die beiden Verszeilen sind ein Schüttelreim. Darunter versteht man ein Reimspiel mit den Bedeutungen der reimenden Wörter. Die Anfangskonsonanten der zwei oder mehr reimenden Silben und Wörter werden vertauscht, so daß ein neuer Sinn entsteht.

3. *Sprachwissenschaftliche Anwendungen*

Ähnlich wie in der Literaturwissenschaft sind Teilgebiete der Linguistik, die sich mit der Analyse konkreter Dialogabläufe beschäftigen, darauf angewiesen, daß der Analysator sich in den Verstehensprozeß einschalten kann und die zugrunde liegenden Regeln auch aufgrund seiner kommunikativen Erfahrung rekonstruieren kann (vgl. APEL, 1972). Wie wir zeigen wollen, lassen sich jedoch die Teilgebiete der Sprachwissenschaft gut formalisieren, die Sprache als System, unabhängig von außersprachlichen Gegebenheiten betrachten. Die Analyse von Sprache als verbalsymbolischem Handeln ist erst in einem heuristischen Stadium, so daß diese komplexen Erscheinungen noch nicht durch Merkmale beschrieben werden können.

Die Betrachtung der Sprache als System ist notwendige Voraussetzung für die Vermittlung von Objektsprache beim sekundären Spracherwerb in Schule und Hochschule. Da der fremdsprachliche Unterricht nicht alle möglichen Kommunikationssituationen schaffen und somit Sprache überwiegend nicht implizit vermitteln kann, ist er auf explizit Mitteilbares wie Definitionen, Regeln etc. angewiesen. Im muttersprachlichen Studiengang kann die Kenntnis der Objektsprache vorausgesetzt werden. In den fremdsprachlichen Studiengängen dagegen muß die von den Studenten in der Schule erworbene Teilkompetenz in einer bestimmten Zielsprache erweitert und gefestigt werden. Aufgrund bestimmter technischer Gegebenheiten ist der Rechner als Medium überwiegend für Probleme des schriftlichen Code geeignet. (Wir beziehen uns entsprechend unseren Erfahrungen auf Anlagen, deren Eingabegeräte Schreibterminals sind. Rechner, die über Mikrophone als Eingabegeräte verfügen, eignen sich selbstverständlich auch für phonetische Übungen.) Dabei lassen sich grundsätzlich morphosyntaktische Übungen besser realisieren als Übungen zum lexikosemantischen Bereich. Im zweiten Bereich, bei dem es also um die Bedeutung sprachlicher Zeichen geht, ergeben sich zwei Probleme: die lexikalischen Einheiten sind weitgehend in offenen Reihen (=Wortfeldern) organisiert, was die Überprüfbarkeit erschwert, und außerdem sind die Regeln für die Vereinbarkeit lexikalischer Einheiten nur schwer faßbar (Bsp: *zufrieden mit*). Morphologische Einheiten dagegen sind in paradigmatisch geschlossenen Systemen geordnet, und ihre Kombinierbarkeit ist mit syntaktischen Regeln beschreibbar. Hinzu kommt, daß gerade die französische Morphologie weitgehend ein Phänomen des schriftlichen Code geworden ist. Daher ergeben sich für das Französische viele Probleme, die sich mit anderen Medien, z.B. dem Sprachlabor, gar nicht üben lassen.

Unter dem Einfluß der Pragmalinguistik wurde die kommunikative Kompetenz des Lerners vielfach zum bestimmenden Lehrziel des neuzeitlichen Unterrichts moderner natürlicher Fremdsprachen erklärt. Unter dieser Voraussetzung ergab sich für den

Unterrichtsaufbau der Übergang vom traditionellen Zweiphasensystem zu einem Dreiphasensystem, bestehend aus Sprachaufnahme, Sprachverarbeitung und Sprachanwendung (vgl. Zimmermann 1969, Seite 254ff.) Während die hinzugekommene dritte Phase, in der Transferübungen im Vordergrund stehen, weitgehend den Einsatz audiovisueller Medien erfordert, ist der Rechner ebenso wie das Sprachlabor in der zweiten Phase, in der es um die Festigung sprachlicher Einheiten und die Ausbildung von Sprachgewohnheiten geht, schwerpunktmäßig einsetzbar. Die Qualität dieser zweiten Phase bestimmt die Qualität der dritten.

Die Herausbildung sprachlicher Automatismen erfordert intensives Üben, ein Vorgang, der von Schülern und Lehrern meist als äußerst ermüdend empfunden wird. Hier sind individuelle Übungsprogramme sehr sinnvoll einsetzbar und effektiver als herkömmliche Unterrichtsverfahren (vgl. BARRERA-VIDAL/KÜHLWEIN, 1975, S. 167). Abgesehen davon, daß sich Rechner und Sprachlabor für Übungen zu verschiedenen Sprachcodes eignen (vgl. APEL, 1972), hat der Rechner gegenüber dem Sprachlabor, das nur imitative Übungen anbietet, den Vorteil, daß er durch seine gezielte Antwortanalyse Einsichten in Strukturen und Regeln vermitteln kann und somit kognitive Lernprozesse fördert. Seitdem v. Parreren 1972 feststellte, daß Lernen mit Einsicht transferfördernder ist als Lernen ohne Einsicht, kam es zur Wiederaufwertung der „cognitive code learning theory". Im Hinblick auf diese Theorie und einen auf Einsicht zielenden Unterricht ist der Rechner den rein audiolingualen Medien wesentlich überlegen.

Ein Beispiel für die obigen Ausführungen ist das Programm ACCORD (Autoren: C.A. Marchand, E. Rattunde, M. Speth). Dieses Programm ist ein Drillprogramm mit Lernersteuerung, das als begleitende Übung zu sprachpraktischen Veranstaltungen eingesetzt wird. Es behandelt ein spezielles Problem der Kongruenz im Französischen, nämlich die Veränderlichkeit des Partizip Perfekt von Verben, die mit avoir konjugiert werden. Da es, wie schon erwähnt, im morphologischen Bereich um paradigmatisch geschlossene Systeme geht und somit mögliche Distraktoren schon vorhanden sind, bietet sich für diesen Übungsbereich das Auswahlantwort-Verfahren als geeignete Aufgabenstellung an. Ein Lehrschritt dieses Programms kann folgendermaßen aussehen (nach BAUMERT et al., 1974, S. 37):

Übungssatz: Après le début de la rébellion de 1954, les troupes que la France a (devoir) envoyer en Algérie, étaient nombreuses.

vom Programm vorgesehene Antwortmöglichkeiten:

A: du
B: dues
C: due
D: andere Eingaben

Kommentare im 1. Durchgang:

a) Parfait. Voilà la phrase suivante
b) Relisez la règle et donnez-moi la réponse correcte.
c) Depuis quand est-ce que le p.p. conjugué avec „avoir" s' accorde avec le sujet de la phrase? Recommencez.
d) Je ne peux pas analyser votre reponse. Recommencez.

Kommentare im 2. Durchgang: (zu B, C und D)

Puisque vous ne trouvez pas la bonne réponse, je vous la donne: *du.*

Ein weiterer, für den fremdsprachlichen Studiengang wichtiger Bereich der angewandten Linguistik ist die Fehlerkunde. Da diese notwendigerweise von Sprachnormen ausgeht und somit die Möglichkeit der Falsifizierbarkeit einer Äußerung gegeben ist, eignen sich Teilgebiete der Fehlerkunde ebenfalls für die Aufbereitung in RUU-Programmen. Das äußerst schwierige Problem der Definition von Norm und Fehler kann hier nicht erörtert werden. (In Anlehnung an HELLINGER (1976, S. 89ff.) legen wir für den Fehlerbegriff folgende Definition zugrunde: Abweichung von der Norm, und zwar als eine Abweichung, die weder gewollt noch von irgendeiner Gruppe der beteiligten Sprachgemeinschaft als Konvention akzeptiert wird, und die keinerlei kommunikative Relevanz besitzt, es sei denn, den Sprecher als non-native speaker identifizieren zu helfen.)

Die Ziele der Fehleranalyse, die für den zukünftigen Fremdsprachenlehrer relevant sind, sind eine angemessene Fehlerbewertung und eine gezielte Fehlertherapie. Voraussetzung für diese Ziele ist die Fehleridentifizierung, die Klassifizierung nach linguistischen Kategorien und die Ursachenerklärung. In Analogie zu den obigen Ausführungen zur Formalisierbarkeit von linguistischen Teilgebieten eignen sich auch für RUU-Programme zur Fehleridentifizierung am besten die Bereiche der Morphologie und Syntax, zumal in diesen Bereichen die zulässige Variation eine weit geringere Rolle spielt als im lexikalischen Bereich.

Das Programm FANAL (Autoren: K. D. Fehse, R. Nelles, E. Rattunde) bietet den Studenten die Möglichkeit, Fehler in schriftlichen Äußerungen zu identifizieren und linguistisch einzuordnen. Die Terminologie der linguistischen Klassifizierung ist dabei abhängig von der zugrunde gelegten Theorie. Die Frage der unterschiedlichen Begrifflichkeit ist ein grundsätzliches Problem der Linguistik. Deshalb steht ein spezielles Programm zur Verfügung, das Definitionen zu linguistischen Begriffen und Fehlerkategorien gibt.

Im folgenden zeigen wir ein Dialogbeispiel aus dem Programm FANAL:

Der fehlerhafte Satz lautet:

Aussitôt il fila à la française
Bitte korrigieren Sie diesen Satz!

Eingabe:

Aussitôt il fila aux français

Kommentar:

Nicht richtig! Denken Sie an die Nation, der die Franzosen schon immer gern den schwarzen Peter zugeschoben haben, und versuchen Sie es noch einmal !

Eingabe:

Aussitôt il fila aux espagnols

Kommentar:

Sie haben leider auch keine historischen Kenntnisse. Richtig wäre: Aussitôt il fila à l'anglaise. Ordnen Sie bitte den Fehler ein !

Eingabe:

Lexem

Kommentar:

Stimmt nicht ! Berücksichtigen Sie bei Ihrer Antwort, daß es sich bei „filer à l'anglaise" um einen feststehenden Ausdruck handelt, bei dem kein Element ersetzt, ergänzt oder weggelassen werden darf. Jetzt bitte die richtige Antwort!

Eingabe:

Idiomatik

Kommentar:

gut !

Im muttersprachlichen Studiengang sollen Erkenntnisse über Regeln und Strukturen vermittelt werden, sowie dem Studenten die Funktion der eigenen Sprache im kommunikativen Prozeß einsichtig gemacht werden. Da Voraussetzung für die Programmerstellung auch hier die Formalisierbarkeit des Lehrstoffes ist, wird Sprache nur unter den schon erwähnten Einschränkungen darstellbar. Ein wichtiger Themenbereich im primärsprachlichen Studiengang sind sprachgeschichtliche Fragestellungen, die sich weitgehend gut für RUU eignen.

Bestimmte Inhalte der Linguistik lassen sich soweit strukturieren, daß die entsprechenden Regeln in Simulationsprogrammen auf fiktive Daten angewendet werden können. Diese Möglichkeit des „entdeckenden" Lernens, bei dem der Student aufgrund von „trial-and-error" Regeln findet, ist im herkömmlichen Unterricht in diesem Umfange nicht möglich, da hierbei Daten nur exemplarisch vorgestellt werden können. Dabei kann an einem solchen Programm zugleich das Spezifische einer linguistischen Regel

beobachtet werden, bei der Ausnahmen und Abweichungen möglich sind, ohne daß sie selbst dadurch ungültig wird. Vielmehr werden solche „untypischen" sprachlichen Erscheinungen als Ausnahmen formuliert.

Abschließend soll auf die Möglichkeit einer Simulation am Beispiel des Programms GEHEIM (Autor: H. Peter) eingegangen werden, das in die Wortbildungsregeln einführt. Vom Studenten wird dabei eine aktive Beteiligung gefordert, wenn er induktiv die Wortbildungsregeln kennenlernen soll. Die Integration in den Unterricht ist für diesen Programmtyp besonders wichtig, da durch das Experimentieren zwar Problembewußtsein geschaffen werden soll, es jedoch nicht von vornherein gewährleistet ist, daß der Student im „Alleingang" die entsprechende Lösung findet. GEHEIM wird vor allem von Anfangssemestern benutzt, die in einem Seminar über Wortbildung die Gelegenheit haben, aufgeworfene Fragen zu diskutieren. Das Programm bietet dem Studenten die Möglichkeit, Wörter oder Teile von Wörtern, z.B. Affixe, zu verändern und durch andere Bausteine zu ersetzen. Es können auch weitere Fragestellungen angeschnitten werden, die mit der Wortbildung zusammenhängen, so z.B. die Zuordnung zu Wortklassen: bestimmte Suffixe treten nur bei Substantiven auf, wie —tum, —heit, etc. Andere wiederum, wie das Präfix vor—, sind nicht einer besonderen Wortart zuzuordnen, z.B. Vorteil und vorbringen.

Im folgenden Programmausdruck sollten gültige Suffixe ausgetauscht und daraufhin beobachtet werden, ob sich durch die neue Nachsilbe die Wortart ändert.

Frage: Was willst Du ändern ?

Eingabe: Suffixe

Frage: Aus wieviel Bausteinen sollen Deine Wörter bestehen?

Eingabe: zwei

Anweisung: Tippe bitte Dein erstes Suffix ein! Wenn Du fertig bist, schreibe Ende! Bitte gib zunächst das alte Suffix ein und dann das entsprechende neue.

Eingabe: tum = heit
lich = keit
bar = lich

Frage: Welche Wörter soll ich übersetzen ?

Eingabe: Menschheit, Brauchtum, sonderbar, Barschaft, wunderlich, emsig, Heldentum, wunderbar, Ende

Ausgabe: Hier meine Übersetzung:
Menschheit, Brauchheit, sonderlich, lichschaft, Wunderkeit, emsig, Heldenheit, wunderlich

Das Dialogbeispiel zeigt, daß das Suffix „–bar" nicht einfach als Buchstabenabfolge eingetippt werden kann, da der Computer diese Zeichenkette auch dann verändert, wenn sie keine Nachsilbe darstellt (Bsp: Barschaft). Der Student muß Restriktionsregeln finden, aufgrund derer –bar nur dann ersetzt wird, wenn es ein Suffix ist.

Wir wollten zeigen, daß sich RUU in den sprachlichen Studiengängen bei zentralen Problemen sinnvoll einsetzen und in den herkömmlichen Unterricht integrieren läßt. Dies haben wir exemplarisch an Programmen zu Fragen der Verslehre, des Sprachtrainings in Französisch, der Fehlerkunde (englisch und französisch) und der Wortbildung im Deutschen darzustellen versucht.

Schrifttum

Apel, K.O.: Noam Chomskys Sprachtheorie und die Philosophie der Gegenwart. Eine wissenschaftstheoretische Fallstudie. In: Neue Grammatiktheorien und ihre Anwendung auf das heutige Deutsch (= Sprache der Gegenwart, Bd. 20), Düsseldorf, 1972, S. 9–54, Schwann-Verlag

Barrera-Vidal, A. / Kühlwein, W.: Angewandte Linguistik für den fremdsprachlichen Unterricht, Dortmund, 1975, Lensing-Verlag

Baumert, M. et al: Modellversuch CUU in der Gesamthochschulregion Freiburg: Computerunterstützter Unterricht in der Lehrerausbildung, in: PELZ, M. (Hrsg.) Freiburger Beiträge zur Fremdsprachendidaktik, Berlin, 1974, S. 20–39

Funkkolleg Literatur, Studienbegleitbrief 3, S. 37–57, Weinheim 1976, Beltz-Verlag

Hellinger, M.: Über die Theorieabhängigkeit der Fehleranalyse, in LB, 41, 1976, S. 88–97

Methodendiskussion: Bd. I, hersg. von Hauff/Heller/Hüppauf/Köln/Philippi, Frankfurt, 1971, Athenäum

Parreren v., C.F.: Lernprozeß und Lernerfolge, Braunschweig, 1972, Westermann

Zimmermann, G.: Integrierungsphase und Transfer im neusprachlichen Unterricht, in: Praxis, H. 3, 1969, S. 245–260

Der Beitrag beruht auf einem Referat, das am 10. 3. 1977 auf dem GPI-Symposion in Hannover gehalten wurde.

Eingegangen am 26. März 1977

Anschriften der Verfasserinnen:

R. Nelles, M. Sennekamp, Kapplerstr. 43, 7800 Freiburg

HOMO KAJ INFORMO

Komuna resumaro de diverslingvaj sciencaj revuoj

Kajero -1
Jaro 1977

Redakcio :
Institut für Kybernetik
S-rino B. Frank-Böhringer
D-479 Paderborn
Riemekestraße 62
F. R. Germanujo

La resumoj estas skribitaj de la aŭtoroj mem kaj tradukitaj poste

Partoprenas ĝis nun:

Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft (GrKG), Schroedel, D-3 Hannover-Döhren, Postfach 260620 (F. R. Germanujo)

Lenguaje y Ciencias, Universidad Nacional de Trujillo (Peruo)

Revista de Pedagogia Cibernetica e Instruccion Programada Universidad Nacional de Trujillo (Peruo)

Sirkulare de Intal, E. Weferling, Jasper-Allee 72, D-33 Braunschweig, (F. R. Germanujo)

Bulletin de UCODI, Centre Imago, 1, rue du Compas, B-1348 Louvain - la - Neuve (Belgujo)

Cybernetica, Revue de l'Association International de Cybernétique, Place André Rijckmans, Namur (Belgujo)

Revista Brasileira de Teleducação, Avenida Erasmo Braga 227, grupo 310, BR-Rio de Janeiro (Brazilo)

Kybernetik und Bildung, Forschungs- und Entwicklungszentrum für objektivierte Lehr- und Lernverfahren, D-479 Paderborn, Pohlweg 55 (F. R. Germanujo)

Literatura Foiro
Norda redaktejo: Giorgio Silfer, P.L. 125, SF-74101 Iisalmi (Finnlando)

didakometry, Department of Educational and Psychological Research, School of Education, S-Malmö 23 (Svedujo)

Revista del Instituto de Cibernética de la Sociedad Cientifica Argentina, Av. Santa Fé 1145, RA-1059, Buenos Aires (Argentinio)

La pedagogia revuo, C/o Rektor Sonnabend D-3161 Dollbergen (F. R. Germanujo)

BIERSCHENK, B.: A computer - based content analysis of interview texts: Numeric description and multivariate analysis (Komputil-bazita enhav-analizo de intervju-tekstoj: numera priskribo kaj multvaria analizo) en: Didakometry, No. 53, 1977

Tio raporto priskribas la metodon de alproksimiĝo uzata pri analizo de ampleksec o (dimensioneco) de intervju-tekstoj. Pere de aro-analiz-modelo, la intervjumaterialo estas homogenigita.

Surbaze de tiaj rezultoj la realig-modelo tiam estas rigardita pere de diskriminaci-analizo. En la fina diskuto la rezultoj estas rilatigataj al (1) la psikolingvistika modelo kaj (2) la modelo de la esplor-proceso, kiu gvidis tion esploron.
Adreso de la aŭtoro: School of Education, Fack, Malmö 23, Svedujo
Esperanto-traduko: Elisabeth Schulte, Paderborn.

CARLEVARO, Tazio: La enigmo de Beaufront en: LITERATURA FOIRO, Junio-aŭgusto 1976, n-roj 37-38

La "markizo" Louis de Beaufront estis vera enigmo, kaj parte li tiel restas ĝis nun. La artikolo tamen, komprenigis iom pli lian personecon, forigante ĉu la plibeligojn, kvazaŭ mitaj, de la Idistoj, ĉu la akuzojn, kvazaŭ paskvilaj, de la Esperantistoj, kaj lin redonas al ni, kiel la nuraj konfirmeblaj faktoj lin klarigas.
Iel, iom mitomania, plenplena da aktiveco, alkutimiĝinta sin beligi per alies plumoj: de la titolo tute fantazia, al la malvera patreco al Ido, li estis sendube dusenca personeco, malfavora al ĉia lingva reformo, li tamen atingis famon danke al lingva reformo: Ido, kaj denove kontraŭas ties reformojn; delegito de Zamenhof por defendi Esperanton antaŭ la Komisiono por Lingvo Internacia, prezentas kaj defendas Idon, kies aŭtoro li sin deklaris kvankam li estis nur la pajlohomo de la aŭtoro. Sed ne nur la rilatoj inter Beaufront, Esperanto kaj Ido estas kompleksaj kaj dubasencaj, sed lia tuta vivo. Verŝajne lia an Helo al honoroj, lia deziro esti la unua, dependis de lia eksterleĝa naskiĝo. El tio eble venis la serio de menzogaj biografiaj sciigoj kiujn plektis liaj amikoj idistoj; el tio, tiu aktiveco kiun li montris ĉu kiel esperantisto, ĉu kiel idisto; el tio, la ebleco doni flankon al la ĉantaĝo de De Couturat, kaj fariĝi lian pajlohomo. El tio, la lasta mistifiko: iom antaŭ morti, li fanfaronis ke estas siaj originalaj kreitaĵoj, siaj tradukoj el Esperanto en Idon, de la ĉefaj poemoj de Zamenhof.
Adreso de la aŭtoro: Dr. T. C., Chapelle 7, CH - 2208 Les Hauts - Geneveys.

TANIS, Elliot A.: A computer-based Laboratory for mathematical Statistics and probability (Komputil-bazita laboratorio por matematikaj statistiko kaj probalec-kalkulado). Speciala kajero de Bulletin UCODI, 1976

Instruanta aro por komputil-bazita laboratorio pri kurso pri matematikaj statistikoj kaj probablec-kalkulado estis disvolvita. Tio aro inkluzivas pli ol 50 funkci-subprogramojn kaj sub-rutinojn kaj uzklarigon kun multaj ekzercoj.
La subprogramoj inkluzivas sep distribu-funkciojn, la inversojn por kvar distribufunkcioj, simul-programojn pro tridek diversaj distribuoj, kaj plurajn grafikajn rutinojn. La programoj povas esti funkciigitaj aŭ per proceso en grupo aŭ interaktive.
La laboratoria uzklarigo enhavas ekzercojn por unu-jaro-daŭra posta kurso pri pli alta matematiko en probablec-kalkulado kaj statistiko. En la uzklarigon ankaŭ estas inkluzivitaj kompletajn solvojn por 25 ekzercoj.
La komputilo provizas la kapablecon por simuli multajn diversajn specojn da hazardaj eksperimentoj. Studento, kiu volas skribi kumputil-programon, kiu simulas fizikan eksperimenton, devas kompreni la eksperimenton kaj la disponeblajn simul-teknikojn. Skribante programon por simuli teorian rezulton, la studento akiras pli bonan komprenon kaj aprecon de la teorio.
Nia laboratorio laboris por kvar jaroj. Oni renkontas ĉi-semajne por du horoj. Ĝenerale la studenta reago estis favore.
Adreso de la aŭtoro: Hope College, Holland, Michigan, USA
Esperanto-traduko: Elisabeth Schulte, Paderborn.

CHERBIT, Guy: Modèle mathématique des croissances myceliennes sur milieu synthétique (Matematika modelo de la kresko de fungo-histo en sintetika medio)en: Revue Cybernetica Nr. 1, 1976

La analizo de la proceso de la kresko de agariko en sintetika medio kondukis al la sekvonta modelo:

$$R = \lambda \left(1 - e^{-(\mu t)^{3/2}}\right)$$

kie R signifu la radion de la kolonio kiel funkcion de la tempo t, λ konstanton dependa de la dimensionoj de la medio kaj μ la potencialon de la ekspansio de la kulturo.
Tio analizo reliefiĝas la aleatoran aspekton de la evoluo de la sekundaraj hifoj en la kulturo,

$$r = \alpha\, d \cdot \sqrt{t}$$

(kie α estas konstanto, kiu dependas de la medio kaj de la meza longeco de maŝoj de la hifa neto) kaj de fenomeno de reagregulado.
Adreso de la aŭtoro: Laboratoire de physique des structures et des systèmes biologiques, Université Paris VII.
Esperanto-traduko: Elisabeth Schulte, Paderborn.

FRANK, H. u. SZERDAHELYI, I. : Zur pädagogischen Bestimmung relativer Schwierigkeiten verschiedener Sprachen (Pri pedagogika prikalkulado de relativaj malfacilecoj de diversaj lingvoj) en: Gr K G 17/2, 1976, p. 39 - 44

Por plenumi saman taskon, ekz. priskribi fremdlingve simplajn bildojn, plejofte diversaj vojoj taŭgas, ekz. diversaj fremdlingvoj. De la diversaj lerneblaj informenhavoj $I(L_k)$ de ĉi–tiuj vojoj $L_k$eble sufiĉas diversaj procentaĵoj p_k por plenumi la taskon. Se aliflanke p_{ok} estas la procentaĵo de I (L_k) jam sciata per lernanto je la komenco de ties lernado, la relativa malfacileco s_k de L_k kompare kun ekvivalenta instruaĵo L_e estas por tiu lernanto

$$s_k = \frac{(p_k^! - p_{ok}) : I\,(L_k)}{(p_e^! - p_{oe}) : I\,(L_e)}$$

709 gelernantoj, kies gepatraj lingvoj estas la slovena, la kroata, la hungara, la bulgara kaj la itala, lernis la germanan, la anglan, la italan, la rusan kaj la internacian lingvojn. Surbaze de kibernetike pedagogikaj konoj (lernrapideco dependanta de la aĝo; efikanco de la instruado) eblas el la lerntempoj kaj procentajoj de bonaj respondoj dum la postea taskplenumado kalkuli malsuprajn limojn (minimumojn) de la malfacilecoj s_k. Se la Internacia Lingvo (Esperanto) rolas kiel L_e, do kiel unuo de malfacileco, montriĝas, ke la (por la taskplenumado:) sufiĉa lernado de la rusa aŭ de la itala lingvo estas almenaŭ cirkaŭ 2,3–foje, la lernado de la angla aŭ germana eĉ almenaŭ 2,7–foje pli malfacile. La valoroj de s_k kreskas se plikomplikiĝas la plenumendaj taskoj, t. e. se pligrandiĝas la postulata fremdlingvo–estrado.
Adresoj de la aŭtoroj: Prof. Dr. H. Frank, Brockhöfe 2, D–4790 Paderborn
Prof. Dr. I. Szerdahelyi, Legénybiró 9. VIII. 24, H–1157 Budapest.
Esperanto–traduko: Prof. Dr. H. Frank, Brockhöfe 2, D–4790 Paderborn

FRANK, Helmar: Zur relativen Lernleichtigkeit einiger Sprachen (Komparo de facilecgrado rilate la lernadon de diversaj fremdlingvoj) en: GrKG 17/4, p. 120 – 124.

Dum diversaj tempoj t_x gelernantoj diversaĝaj (respektiva, aĝdependa lernrapideco: C_{vx}), kies gepatraj lingvoj (kaj tial la respektiva antaŭscio p_{ox}) estis diversaj, lernis diversajn fremdlingvojn (la germanan, anglan, italan, rusan kaj internacian), ĉiuj per tradicia klas–instruado (efikanco ≈ 0,38). La saman taskon, nome priskribi simplajn bildojn, ili plenumis je diversaj procentaĵoj q_x de la perfekta solvo. Se oni antaŭkondiĉas, ke en tiu kvinlanda eksperimento la instruado nur celis la lingvokapablecon, kiu necesas kaj sufiĉas por plenumi perfekte la menciitan tasko-tipon, la respektiva instruaĵo estis certa parto L_x^* de la lingvo L_x, kaj la lernita informo istis $q_x\, I(L_x^*)$. La instruaĵ–informo $I(L_x^*)$ estas mezuro de la ĝenerala, absoluta lernmalfacileco. Uzante la Internacian Lingvon (x = e) por difini mezurunuon de la malfacileco, oni recevas ĝeneralan, relativan lernmalfacilecon

$$s(L_x^*) = \frac{I(L_x^*)}{I(L_e^*)}$$

kaj facilecgrado difineblas per $1/s\,(L_x^*)$. La originalaj rezultoj de Szerdahelyi el la kvinlanda eksperimento ebligas helpe de la kibernetike pedagogika lerntempo–formulo

$$t_x = \frac{I(L_x^*)}{C_{vx}} : \ln \frac{1 - q_{ox}}{1 - q_x}$$

konkludi, ke 34 402 bitoj $\leq I(L_e^*) \leq$ 50 435 bitoj, kaj ke por la ĝeneralaj relativaj malfacilecoj de koncernaj partoj L_g^*, L_a^*, L_i^*, L_r^* de la germana resp. angla resp. itala resp. rusa lingvoj validas $3{,}5 \leq s(L_g^*) \leq 4{,}0$; $3{,}1 \leq s(L_a^*) \leq 4{,}0$; $2{,}9 \leq s(L_i^*) \leq 3{,}4$; $2{,}7 \leq s(L_r^*) \leq 3{,}4$.

Adreso de la aŭtoro: Prof. Dr. H. Frank, Brockhöfe 2, D–4790 Paderborn
Esperanto–traduko de la aŭtoro.

ATENTIGO POR LA AŬTOROJ

La leganto de via originala publikigaĵo memoros la postan tagon nur ankoraŭ parteton. La parteton, kiun vi taksas memorinda, formulu kiel vian resumon! Tiu-ĉi estu koncizaĵo de viaj novaj rezultoj - ne nur sciigo pri la problemoj solvitaj en la originala teksto ofte ne alirebla por la leganto!

La redakcio

Die Lehrerfolgs- und Zeitbedarfsprognose mit dem β–η–Diagramm

von Helmar FRANK, Paderborn
aus dem FEoLL–Institut für Kybernetische Pädagogik, Paderborn
(Direktor: Prof. Dr. Helmar Frank)

1. *Problemstellung*

Im Unterschied zur vorherrschenden, *retrospektiv–reflektierenden* Bildungswissenschaft, zu der insbesondere die philosophisch–geisteswissenschaftliche Pädagogik gehört und die sich unter Berücksichtigung der jeweiligen geschichtlichen Situation und Entwicklung um ein Sinnverständnis pädagogischer Phänomene bemüht, sucht die *prospektive* Bildungswissenschaft, also insbesondere die kybernetische Pädagogik, das Bildungsgeschehen *an sich* und die Wirkungen möglicher bildungstechnologischer *Eingriffe in dieses* vorhersehbar zu machen. Insbesondere sind Prognosen der erforderlichen Unterrichtszeit t oder des zu erwartenden Lehrerfolgs p_t nützliche Entscheidungs- und Planungsunterlagen der Didaktik (= Unterrichtsplanung) und der Lehrplanung (= Curriculumkonstruktion). Sie hängen nicht nur von Psychostrukturmerkmalen P des Lernenden und von der Lernschwierigkeit (insbesondere vom Informationsgehalt) des Lehrstoffs L ab, sondern wesentlich auch vom Typ des Lehrsystems BM, d.h. vom verwendeten Medium bzw. Medienverbund M und dem Typ der Bildungsmethode B (dem „Unterrichtsstil"). Als wünschenswert erscheint die Eintragung erforschter Lehrsystemtypen in ein theoretisch fundiertes Diagramm, welches quantitative Ausgangspunkte für weitere Prognosen liefert und sich zugleich als Bezugssystem für die Gütebeurteilung weiterer Lehrsysteme (aber auch einzelner Unterrichtsstunden) eignet. Für den Fall nicht oder kaum rückgekoppelter Lehrsysteme erfüllt das im folgenden aufgestellte β–η–Diagramm diese Bedingungen.

2. *Voraussetzungen*

Daß die je schon gelernte Information nach einer gewissen Lernzeit nur noch verzögert weiter ansteigt, hat zwei Ursachen:

(1) Das Fassungsvermögen K_v des vorbewußten Gedächtnisses ist beschränkt; ein Teil des schon Gelernten entschwindet beim weiteren Lernen gemäß der Vergessenskurve.

(2) Der Lernende lernt ein Lehrstoffelement bei einer einzelnen Lerngelegenheit nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit; wird das Lehrsystem über die jeweils schon eingetretenen Lernerfolge nicht (vollständig) durch Rückkoppelung informiert, dann fällt ein zunehmender Prozentsatz der weiteren Wiederholungszeit auf schon gelernte Lehrstoffteile.

Wir beschränken uns auf Fälle, in denen (1) vernachlässigbar ist (nämlich auf Lernzeiten, die nicht über eine Stunde hinausgehen), während (2) berücksichtigt werden muß (Lernsteuerung; Klassenschulung). Die Lerngeschwindigkeit C_V = 0,7 bit/ sec, die sich nach den Untersuchungen von Riedel (1967) zur Altersabhängigkeit bis zum Alter von etwa A = 18 Jahre mit guter Näherung aus der Beziehung

$$(1) \qquad \frac{C_V(A)}{\text{bit/sec}} = 0{,}0412 \cdot \frac{A}{\text{Jahre}}$$

berechnen läßt (vgl. Frank, 1976a, Abschn. II. 4.13), stellt unter dieser Voraussetzung nur die Anfangssteigung der Lernkurve (bei fehlender Vorkenntnis!) dar, und zwar unter der Voraussetzung eines bestmöglichen, d.h. keinerlei Zeit verschwendenden Unterrichts (Bild 1). Es ist natürlich, einem Unterricht, der zur Vermittlung des gleichen Lehrstoffs an die gleichen Adressaten m mal soviel Zeit benötigt wie ein bestmöglicher Unterricht derselben Grundstruktur (Lernsteuerung oder Lernregelung), die *Effikanz* $\eta = {}^1/m$ zuzuschreiben. Die Anfangssteigung der Lernkurve ist also allgemeiner $\eta \cdot C_V$. Für kurze Lernzeiten kann die Lernfunktion durch ihre Tangente

$$(2) \qquad I(t) = \eta \cdot C_V \cdot t$$

ersetzt werden. Diese Funktion könnte auch durch ein „hellsichtiges" Lehrsystem erreicht werden, das *zeitverlustfrei* (ζ = 1) und vollständig die schon eingetretenen

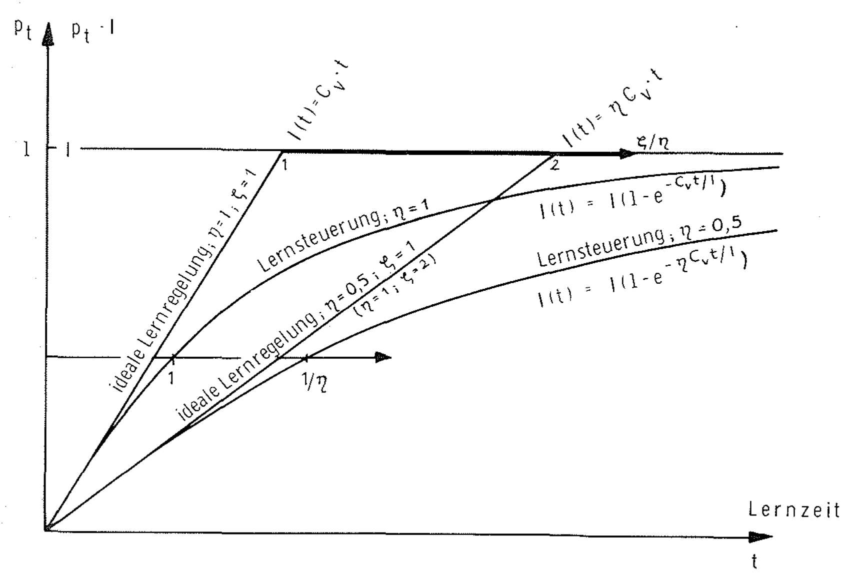


Bild 1 Lernkurven in Abhängigkeit vom Lehrsystem; Definition der Effikanz.

Lernerfolge erkennt und dementsprechend überflüssige Wiederholungen *restlos* vermeidet (*ideale* Lernregelung).

3. *Aufstellung des β–η–Diagramms*

Aus den getroffenen Voraussetzungen läßt sich ableiten (vgl. Frank, 1976 a,b), daß sich ein Lerner, dessen Lerngeschwindigkeit C_V beträgt, in einem Unterricht mit der Effikanz η über einen Lehrstoff mit dem Gesamtinformationsgehalt I, von welchem dieser Lerner den Prozentsatz p_o schon vorab (als „Vorkenntnis") beherrschte, nach der Zeit t ingesamt (d.h. einschließlich der Vorkenntnis $p_o I$) die Information

$$(3) \qquad I(t) = I \cdot (1 - (1 - p_o) \cdot e^{-C_V \eta t / I})$$

angeeignet hat, also den Prozentsatz (die „Kompetenz")

$$(4) \qquad p_t =_{Df} I(t) / I = 1 - (1 - p_o) \cdot e^{-C_V \eta t / I}$$

was als Maß des Lehrerfolgs (Unterrichtserfolgs) zumindest bei kognitiven Lehrstoffen gelten kann. Damit man also einen als Lehrziel (Sollwert) geforderten Prozentsatz $p_t = p^!$ des Lehrstoffs als *hernach* gelernt *erwarten* kann (bzw. damit man ein einzelnes Lehrelement als hernach mit der Wahrscheinlichkeit $p^!$ gelernt ansehen darf), muß man für den durchzuführenden Unterricht die sich durch Auflösung von (4) nach t ergebende Zeit

$$(5) \qquad t = \frac{I}{\eta\, C_V} \cdot \ln \frac{1 - p_o}{1 - p^!}$$

einplanen. Während p_o und C_V nur von P abhängen, und I nur von L, ist η ein Merkmal des Lehrsystems (und evt. der Lernumwelt). Bei nicht (nennenswert) rückkoppelnden Lehrsystemen ist aber auch die Breite der Informationsdarbietung, also der Quotient

$$(6) \qquad \beta =_{Df} t / I$$

eine (im wesentlichen) nur vom Lehrsystem abhängige Größe: derselbe Lehrstoff, also dieselbe Information I, wird durch eine Tonbildschau, eine Vorlesung oder eine Bildungsfernsehsendung je in einer bestimmten, vom Lerner unbeeinflußten Zeit t angeboten; bei einer herkömmlichen Klassenschulung, aber auch bei einem streng linearen Lehrprogrammtext, kann die Unterrichtsdauer um einen, für das Lehrsystem spezifischen, mittleren Wert t streuen und im Einzelfall $s \cdot t$ betragen. Aus (4) erhält man dann

$$(7) \qquad p_t = 1 - (1 - p_o) \cdot e^{-s C_V \eta \beta}$$

wobei s bei nicht zeitanpassenden Medien gleich 1 ist, sonst in einem im allgemeinen kleinen Streubereich um 1 liegt:

$$(8) \qquad s = 1 \pm \frac{\Delta t}{t}$$

Man kann für einen durchgeführten Unterricht die Größen $I(t)$, I, p_o, C_V und t in der noch anzugebenden Weise bestimmen, β nach (6) und η nach (4) berechnen und

dann den betrachteten Unterricht als Punkt in ein cartesisches Koordinatensystem mit den Koordinaten β und η eintragen. Die Hyperbeln

$$(9) \qquad \beta\,\eta = \frac{1}{s \cdot C_v} \cdot \ln \frac{1-p_o}{1-p_t} = \frac{1}{s \cdot C_v} \cdot \ln {}^1/\mu$$

des so definierten β–η–Diagramms stellen Linien gleicher Wirkung auf das Lernsystem dar. Das zwischen o und 1 liegende „Manko" μ gibt an, welcher Bruchteil des nicht schon vorab bekannten Lehrstoffs auch nach Unterricht noch nicht beherrscht wird. (Das Manko ist also das Komplement zum Quotienten aus Weltnerinformation dividiert durch die didaktische Information.)

Wird später ein vergleichbarer Unterricht geplant oder erwogen, d.h. ein vom gleichen Lehrsystemtyp $\{BM\}$ getragener Unterricht mit einem anderen, aber vergleichbaren Lehrstoff L (z.B. Kybernetik statt Physik, Ungarisch statt Isländisch etc., aber nicht: Flöten statt Differenzieren!) und anderen, aber vergleichbaren Adressaten P (die vielleicht andere Vorkenntnisse p_o und ein anderes Alter A haben, aber nicht erheblich anderen Intelligenzquotienten !), dann darf man wenigstens als Richtwerte unterstellen, daß β und η gleich bleiben werden, so daß man mit $I=I\ (L)$ nach (6) die einzuplanende Unterrichtszeit und nach (7) den in dieser Zeit zu erwartenden Lehrerfolg prognostizieren kann. Genauer: die im β–η–Diagramm eingetragene Effikanz und damit der nach (7) berechenbare Lehrerfolg ist *mindestens* erreichbar, kann aber bei bewußt unzweckmäßig gewählter Lehrmethode beliebig verschlechtert werden; entsprechend ist die Breite β der Darstellung zumindest „schon einmal vorgekommen", und nichts spricht dagegen, das m–fache Lehrstoffvolumen mit dem gleichen Lehrsystemtyp in der m–fachen Zeit darzubieten, also nach (6) in unveränderter, „typischer Breite" β, – aber natürlich kann man die Darstellung auch „in die Länge ziehen", wodurch bei gleicher Effikanz (wenn also der Adressat unverändert mitmacht) nach (4) der Lehrerfolg p_t steigt, also „gründlicher gelernt" wird.
Da β und η unter den gemachten Voraussetzungen von B und M (sowie von den störenden oder stimulierenden Umwelteinflüssen, also der Soziostruktur S) abhängen, aber innerhalb eines hinreichend homogenen Lehrumstands $PSLZ$ weder von den Adressateneigenschaften P (p_o und C_v), noch vom Lehrstoff L und vom Lehrziel Z, eignet sich das β–η–Diagramm besonders gut zum Vergleich verschiedener Medien und Lehrstile (sowie evt. verschiedener Lernumwelten) und indirekt auch zum Vergleich der verschiedenen didaktischen Methoden, die zu solchen Lehrsystemen BM (bzw. zur Wahl einer solchen Lernumwelt) führen.
Um einen Unterricht, der z.B. zur Beurteilung einer bestimmten Lehrweise, eines Mediums oder eines Lehrprogramms durchgeführt werden soll, im β–η–Diagramm zu lokalisieren, kann wie folgt vorgegangen werden:

1. Der Lehrstoff wird durch einen Basaltext BT formuliert

2. Es werden T Testfragen über den Lehrstoff entwickelt, die aufgrund des Basaltextes beantwortbar sind und diesen gleichmäßig abdecken. Zu jeder Testfrage

ist die gleiche Zahl a (z.B. $a = 4$) gleichwahrscheinlicher Auswahlantworten anzubieten, von denen jeweils nur eine richtig ist.

3. Ein Fachmann (Fachkollege) wird gebeten, den Basaltext nach dem vereinfachten Weltnerverfahren (Weltner, 1967) durchzuraten; nach Gleichung

$$(10) \quad i\,(\text{Text})/\text{bit} = 3{,}9 \cdot F - 0{,}08 \cdot N$$

(F = Anzahl der nicht sofort richtig vorhergesagten Schreibmaschinenanschläge; N = Textlänge in Schreibmaschinenanschlägen) wird die „ästhetische Basaltextinformation" i_{Fachmann} (BT) – in bit – bestimmt. (Notfalls kann sie bei möglichst knapp formulierten, deutschsprachigen Basaltexten durch die halbe, in Schreibmaschinenanschlägen gemessene Basaltextlänge $N/2$ angenähert werden).

4. Für alle (oder einige willkürlich herausgegriffene) Adressaten wird *vor* dem Unterricht mit dem in Schritt 2 erwähnten Test die Vorkenntnis $p_o = Z_o$ nach

$$(11) \quad Z = \frac{1}{a-1} \cdot \left(\frac{a}{T} \cdot \sum_{t=1}^{T} v_t - 1\right)$$

bestimmt. Dazu wird für v_t der Prozentsatz der Schüler eingesetzt, welche die Testfrage Nummer t richtig beantworteten. (Wenn jeder Adressat schon alles wüßte, würden alle $v_t = 1$, also $p_o = Z_o = 1$. Wenn umgekehrt kein Adressat schon wenigstens eine Ahnung vom Lehrstoff hat, also jeder nur raten kann, werden die v_t um ${}^1/a$ streuen, in der Summe also etwa T/a geben, so daß man tatsächlich $p_o = Z_o \approx o$ erhält.)

5. Steht von einer verfügbaren Versuchsperson fest, daß sie vorkenntnisfrei (also „Laie") ist, dann wird mit ihr durch das gleiche Verfahren wie bei Schritt 3 die volle, syntaktische Basaltextinformation i_{Laie} (BT) – in bit – ermittelt. (Notfalls kann sie bei knappen deutschen Basaltexten durch die in Schreibmaschinenanschlägen gemessene Basaltextlänge N angenähert werden). Andernfalls (oder falls die Annäherung nicht infrage kommt) bestimmt man *vor* Unterricht nach demselben Rateverfahren wie in Schritt 3 für einige Adressaten, deren Vorkenntnisse bei Schritt 4 schon ermittelt wurden, die jeweilige subjektive, syntaktische Basaltextinformation i_o (BT).

6. Man errechnet nach

$$(12) \quad I = i_{\text{Laie}}\,(\text{BT}) - i_{\text{Fachmann}}\,(\text{BT})$$

die Lehrstoffinformation. Mußte mangels eines verfügbaren Laien i_o (BT) bestimmt werden, dann berechne man I aus

$$(13) \quad I = \frac{i_o\,(\text{BT}) - i_{\text{Fachmann}}\,(\text{BT})}{1 - p_o}$$

Hier setze man für i_o(BT) den Mittelwert der bei Schritt 5 gemessenen individuellen

Ergebnisse ein und für p_0 die für *diese* Adressatenstichprobe nach (11) ermittelten durchschnittlichen Vorkenntnisse. (Dieser Wert kann, da die als Stichprobe gewählte Adressatengruppe relativ klein sein darf, von dem in Schritt 4 insgesamt ermittelten Vorkenntniswert p_0 zufällig etwas abweichen!)

7. Der Unterricht wird durchgeführt und die (bei simultaner Einzelschulung: mittlere) Unterrichtsdauer t gemessen.

8. Man bestimmt nach (1) den vorauszusetzenden Wert C_v. Für 18- bis 21-jährige Adressaten setze man den Maximalwert $C_v = 0{,}7$ bit/sec ein.

9. Man bestimmt nach der gleichen Vorgehensweise wie bei Schritt 4 im Anschluß an den Unterricht die (durchschnittlich) erreichte Kompetenz $p_t = Z_t$. (Aufgrund eines Ergebnisses von Frank, Hoepner und Winguth, 1970, kann man vermuten, daß eine Vorkenntnismessung durch den Schlußtext bei *denselben* Adressaten eine Interessenausrichtung bewirken könnte, die p_t um einen Faktor von etwa 1,1 nach oben verfälscht. Man kann daher entweder das Meßergebnis durch diesen Faktor dividieren oder Vortest und Nachtest mit verschiedenen Adressatenstichproben durchführen.)

10. Die in den Schritten 4, 5, 7, 8 und 9 ermittelten Werte p_0, I, t, C_v und p_t werden in Gleichung (4) eingesetzt; dann wird durch Auflösung nach η die Effikanz bestimmt, also der Ordinatenwert im β—η—Diagramm:

$$\eta = \frac{I}{t \cdot C_v} \cdot \ln \frac{1-p_0}{1-p_t}$$

11. Die Breite β der Lehrstoffdarstellung durch das Lehrsystem, also den Abszissenwert, errechne man nach Gleichung (6).—

(Ein neueres, an sich genaueres Verfahren von Weltner, 1970, zur Messung der subjektiven Textinformation führt zu etwas höheren als nach der Gleichung (10) errechenbaren Werten. Da aber die letzteren gut mit dem anhand von sinnlosem Material bestimmten Lerngeschwindigkeitswert C_v übereinstimmen, muß entweder angenommen werden, daß C_v bisher systematisch zu niedrig gemessen wurde (der Faktor in Gleichung (1) also in Wahrheit größer ist), oder daß C_v *wenigstens* bei *sinnvollem* Material entsprechend größer ist, oder aber — was qualitativ leichter begründbar wäre —, daß sich die zu apperzipierende und zu lernende subjektive Textinformation durch Superierung auf den sich aus Gleichung (10) ergebenden Wert verringert. Die Gleichungen (3) und (4) führen offensichtlich bei allen drei Voraussetzungen zum selben Ergebnis wie bei der „naiven" Anwendung des „klassischen" Weltnerverfahrens, das daher in den Schritten 3 und 5 empfohlen werden durfte. Die Eintragungen in Bild 2 unterstellen dementsprechend, daß sich der Widerspruch auf die dritte Weise auflösen wird.)

4. *Bisherige Ergebnisse*

Leider sind die nach Abschnitt 3 erforderlichen Daten zur einwandfreien Lokalisierung eines Unterrichts (als Repräsentant eines bestimmten Lehrsystem-Typs) bei den im Fachschrifttum beschriebenen Unterrichtsversuchen nur unzureichend gemessen oder mitgeteilt worden. Die Auswertung (vgl. Frank, 1976 a), mußte daher die Ergebnisse publizierter paarweiser Medienvergleiche miteinander verrechnen, was nicht nur Fehlerfortpflanzungen befürchten läßt, sondern auch Voraussetzungen erfordert, die nur näherungsweise erfüllt sein dürften (vgl. die Auseinandersetzung hierüber zwischen Walter, 1975, und Frank, 1975a). Insofern können die in Bild 2 als Kreis eingetragenen

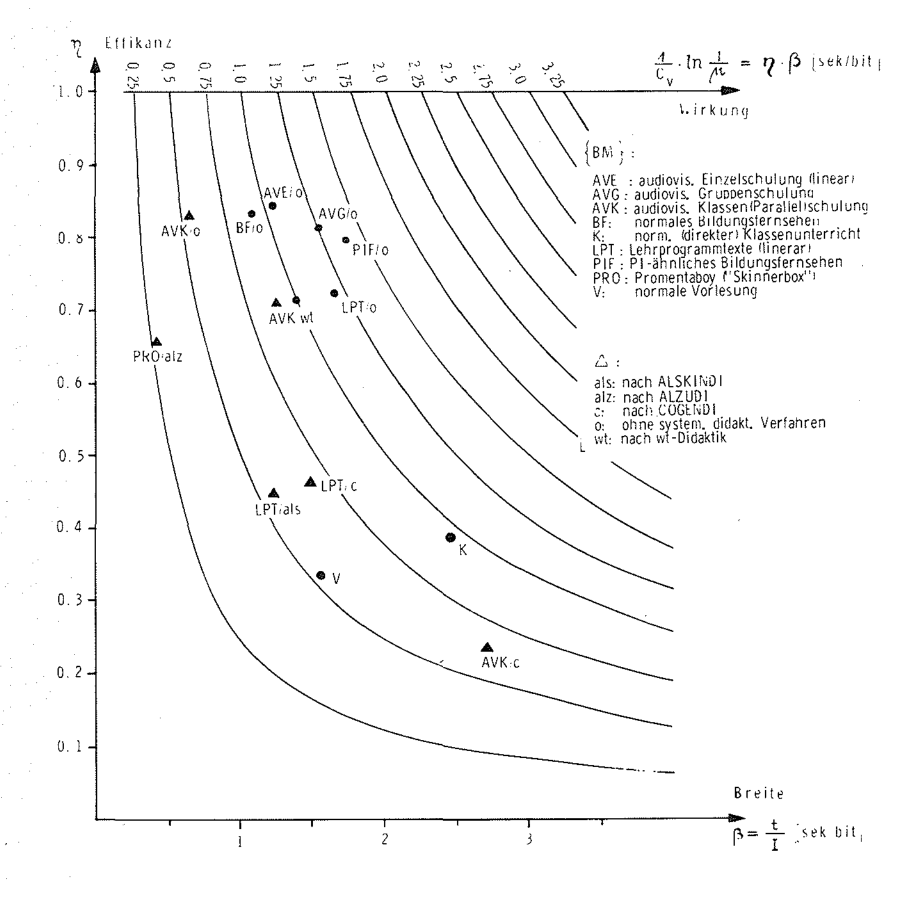


Bild 2 Das β-η-Diagramm mit Eintragungen verschiedener Lehrsystemtypen und didaktischer Verfahren. (●: Umrechnung der Zusammenstellung in Frank, 1976 a,b. ▲: Auswertungen der Vergleichsuntersuchungen von Arlt, 1972)

Ergebnisse der zahl- und umfangreichen Untersuchungen vieler Unterrichtsforscher nur eine vorläufige Orientierungshilfe zu sein beanspruchen. Aus der Tabelle Bild 15 in Frank, 1976a, wurden die Effikanzwerte übernommen. Die jeweiligen β–Werte konnten daraus mittels (9) – mit $s = 1$ – berechnet werden. Die didaktische Vorbereitung der verglichenen Lehrsysteme erfolgte überwiegend *ohne* eine wenigstens teilweise präzisierte Methode (Symbol o in Bild 2), im Falle der audiovisuellen Klassenschulung unter Zugrundelegung der wt–Didaktik (vgl. Frank, 1969, Abschnitt 6.2). Alle Lehrstoffe entstammen dem mathematisch-naturwissenschaftlich-ingenieurwissenschaftlich-kybernetischen Bereich.

Eine umfangreiche Vergleichsuntersuchung der Wirksamkeit verschiedener Vorgehensweisen der didaktischen Programmierung legte Arlt (1972) für ein Teilgebiet (Bauwesen) des gleichen Bereichs vor. Er bezog insbesondere auch erstmals Methoden der automatischen (formaldidaktischen) Erzeugung von Lehrprogrammen mit Rechnern ein, nämlich die Formaldidaktiken Alzudi, Cogendi (für lineare Programme) und Alskindi (vgl. die Übersichtsdarstellung von Graf, 1973). Als Medien wurden neben Lehrprogrammbüchern das Skinnerprogramm-Darbietungsgerät Promentaboy und ein audiovisuelles Klassenschulungssystem (Robbimatkonfiguration des Systems Bakkalaureus; vgl. Frank, 1969, Abschn. 4.53) verwendet. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in Bild 2 durch Dreiecke eingetragen. Einzeldaten und Rechengänge dazu finden sich in Arlt (1972) und Frank (1975 b).

Bedenkt man, daß die im Lehrsystem selbst begründete Wirkung nur vom Produkt $\beta\,\eta$ abhängt, dann wird bei Betrachtung von Bild 2 deutlich, daß trotz größter Verschiedenheit sowohl in der Effikanz als auch in der Breite der Behandlung die formaldidaktisch programmierten Systeme zusammen mit der Vorlesung eine gemeinsame Gruppe geringer Wirkung bilden, und daß die wirksamere, wt-didaktisch vorbereitete audiovisuelle Klassenschulung in der Wirkung dem herkömmlichen, frontalen Klassenunterricht vergleichbar ist.

5. *Verallgemeinerungen*

Durch Befreiung von den beiden in Abschnitt 2 erläuterten, einschränkenden Voraussetzungen können die Gleichungen (4) und (5) sowie die darauf aufbauenden Betrachtungen in zwei Richtungen verallgemeinert werden, die später in einer einheitlichen Theorie zusammenzufassen wären.

1. Eine Befreiung von der Annahme $I \ll K_v$ ist durch zwei Erweiterungen des Modells möglich.

(a) Wir setzen zunächst voraus, daß schon gelernte Lehrstoffelemente im Gedächtnis zufällig durch neue „überschrieben" werden können, so daß von der zum bisherigen Wissensstand $I(t)$ pro Zeiteinheit hinzugelernten Information C_v (von welcher der Teil ηC_v echte Lehrstoffinformation ist) der Bruchteil $I(t)/K_v$ zur Verdrängung bereits gelernter Lehrstoffinformation führt; wird kein Lehrstoffelement doppelt eingelernt – ist also der Lehrprozeß zum Zeitpunkt $I/(\eta C_v)$ abzuschließen –, dann genügt die Lernkurve der Differentialgleichung

$$(14)\quad \frac{dI(t)}{dt} = \eta C_v - \frac{I(t)}{K_v} \cdot C_v$$

mit der Anfangsbedingung $I(o) = p_o I$ und damit der Lösung

$$(15)\quad I(t) = \eta K_v \left(1 - \left(1 - \frac{p_o I}{\eta K_v}\right) \cdot e^{-C_v t/K_v}\right)$$

In der Zeit $t \geq I/(\eta C_v)$ wird der Lehrstoff ständig wiederholt, womit es zu der schon hinter (3) steckenden *zusätzlichen* Zeitverzögerung durch Aufnahme schon (und noch) bekannter Elemente kommt. – Ebenso wie die Aussagen der Abschnitte 2-4 ist dieser soeben betrachtete Erweiterungsansatz mehr von didaktischem als von lehrplantheoretischem Interesse, da nach Gleichung (2) innerhalb einer Unterrichtsstunde höchstens etwa $2{,}5 \cdot 10^3$ bit Information lernbar ist, und sich für das Fassungsvermögen K_{vk} des („Kurzgedächtnis" genannten) Teils des vorbewußten Gedächtnisses, für dessen Aufnahmegeschwindigkeit $C_{vk} = C_v$ die Gleichung (1) gilt, nach verschiedenen Verfahren Werte zwischen knapp $2 \cdot 10^3$ bit und etwa $3 \cdot 10^4$ bit abschätzen lassen (vgl. Frank, 1969, Abschn. 5.5.).

(b) Das Fassungsvermögen des gesamten vorbewußten Gedächtnisses, also im wesentlichen die Kapazität K_{vl} seines „Langgedächtnis" genannten Hauptteils, beträgt höchstens etwa $2 \cdot 10^7$ bit. Für lehrplantheoretisch zu untersuchende (da nur in Kursen von 10 – 1000 Unterrichtsstunden vermittelbare) Lehrstoffe gilt $K_{vk} \lessapprox I < K_{vl}$. Die Aufnahmegeschwindigkeit des Langgedächtnisses liegt bei nur etwa 10 % der durch Gleichung (1) angegebenen Werte; dies kann nicht immer durch die „innere Wiederholung" (Memoration) oder durch äußere Anwendung des schon Gelernten zwischen zwei Unterrichtsstunden (Hausaufgabenbearbeitung !) ausgeglichen werden. (Dafür werden Langgedächtnisinhalte nur sehr langsam vergessen.) Die Lernkurve beginnt daher (im Falle $p_o = o$) mit der Steigung ηC_{vk} und folgt der Gleichung (3) bis nicht mehr $I(t) \ll K_{vk}$ gilt. Dann nimmt sie einen stärker verzögerten Verlauf, bis (vor Überschreiten der Kapazität K_{vk}) eine Steigung von der Größenordnung $\eta \cdot C_{vl}$ erreicht ist. Sofern $I \ll K_{vl}$ gilt, nähert sich die Lernkurve von nun an asymptotisch – ungefähr nach einer der Gleichung (3) analogen Funktion – dem Sättigungswert I (Bild 3). –

Eine genauere Theorie erfordert die Verknüpfung der hinter (3) und (15) steckenden, je für Kurzgedächtnis und Langgedächtnis zu konkretisierenden Modelle. –

2. Eine Befreiung von der Einschränkung auf (nahezu) fehlende Rückkoppelung ist zumindest im Grenzfall *idealer* Rückkoppelung mathematisch erheblich einfacher als die erstbehandelte Verallgemeinerung. Wenn nämlich das Lehrsystem zu jedem Zeitpunkt vollständig darüber informiert ist, welche Teile des Lehrstoffs schon gelernt wurden, kann es diese bei weiteren Lehrangeboten vermeiden. (In Wirk-

lichkeit erfolgt die Lernregelung nie „ideal", sondern ohne *vollständige* Information über den je schon erreichten Lernzustand und daher nicht *ganz* ohne entbehrliche Wiederholungen !) Für ideale rückkoppelnde Lehrsysteme ist daher im Falle p_o = o unter sonst gleichen Voraussetzungen die Gleichung (3) durch die Gleichung (2) zu ersetzen. Definiert man im Falle p_o = o als Lehrwirkungsgrad (oder „didaktischen Wirkungsgrad"; vgl. Frank/Meder 1971, S. 147) eines Lehrsystems allgemein

$$(16)\quad (d=)\ \eta_o^* = \frac{I(t)}{C_v t}$$

dann erhält man durch Einsetzen von (5) in (3) und von (3) in (16) für *nicht* (nennenswert) rückkoppelnde Systeme

$$(17)\quad \eta_o^* = \frac{p_t \eta}{-\ln(1-p_t)}$$

Bei Lern*regelung* darf selbst im Falle *ideal* rückkoppelnder Systeme für $I(t)$ nicht einfach $\eta C_v t$ in (16) eingesetzt werden. Denn bei sonst gleichem Vorrat an Lehrschritten (von deren Mikrostruktur und Reihenfolge die Effikanz η abhängt) bewirkt die erforderliche Kontrolle des evtl. eingetretenen Lernerfolgs eine nicht unmittelbar lernwirksame Vergrößerung der Unterrichtszeit um einen Faktor $\zeta \geq 1$, der nur bei einem „hellsichtigen" Lehrsystem die untere Grenze 1 annehmen könnte. (Solange die Rückkoppelung nur durch ein zeitaufwendiges Auswahlant-

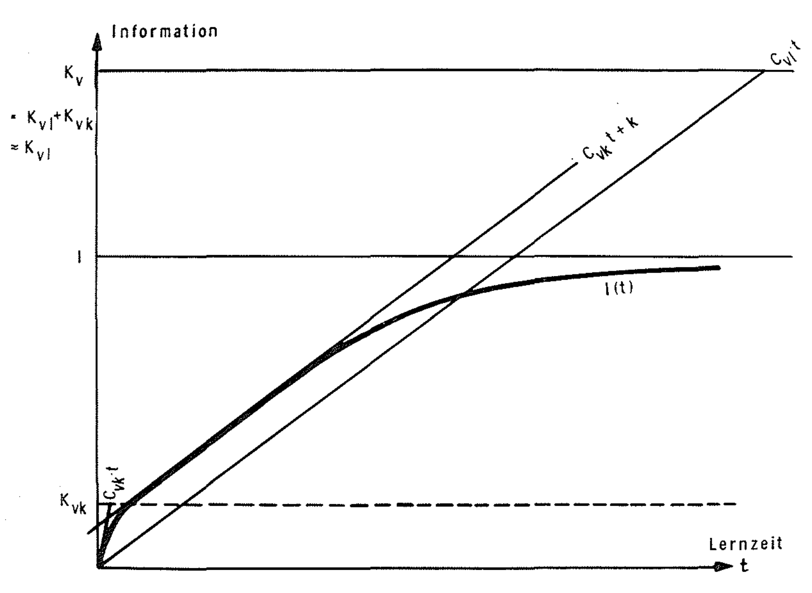


Bild 3 Theoretische Lernkurve unter Berücksichtigung eines zweistufigen Gedächtnismodells

wort-Angebot erreichbar ist, ist bei idealer Rückkoppelung mindestens mit einem Faktor $\zeta = 3$ zu rechnen!) Oder umgekehrt: von der Unterrichtszeit t fällt nur der Teil t/ζ auf das eigentliche Lehren (der Rest auf das Diagnostizieren), wobei die didaktische Transinformation $\eta C_v t/\zeta$ in das Gedächtnis gelangt. Nach (16) ist also für ideal rückkoppelnde Systeme bei sonst gleichen Voraussetzungen

$$(18)\quad \eta_o^* = \eta/\zeta \leq \eta$$

Wie Bild 4 veranschaulicht, gibt es also zu jedem η und jedem $\zeta > 1$ eine kritische Kompetenz $p^!_{kr}$ derart, daß darüber liegende Lernziele ($p^! > p^!_{kr}$) zeitökonomisch mit rückkoppelnden Lehrsystemen (also durch Lern*regelung*), darunter liegende Lehrziele ($p^! < p^!_{kr}$) zeitökonomisch mit strikt linearen Lehrsystemen (also durch Lern*steuerung*) anzustreben sind. Die kritische Kompetenz liegt desto tiefer, je kleiner ζ ist. Dies ist ein neues Argument dafür, Programmverzweigungen aufgrund von *Freiantworten* vorzunehmen – trotz des dafür nötigen medientechnischen Aufwands. –

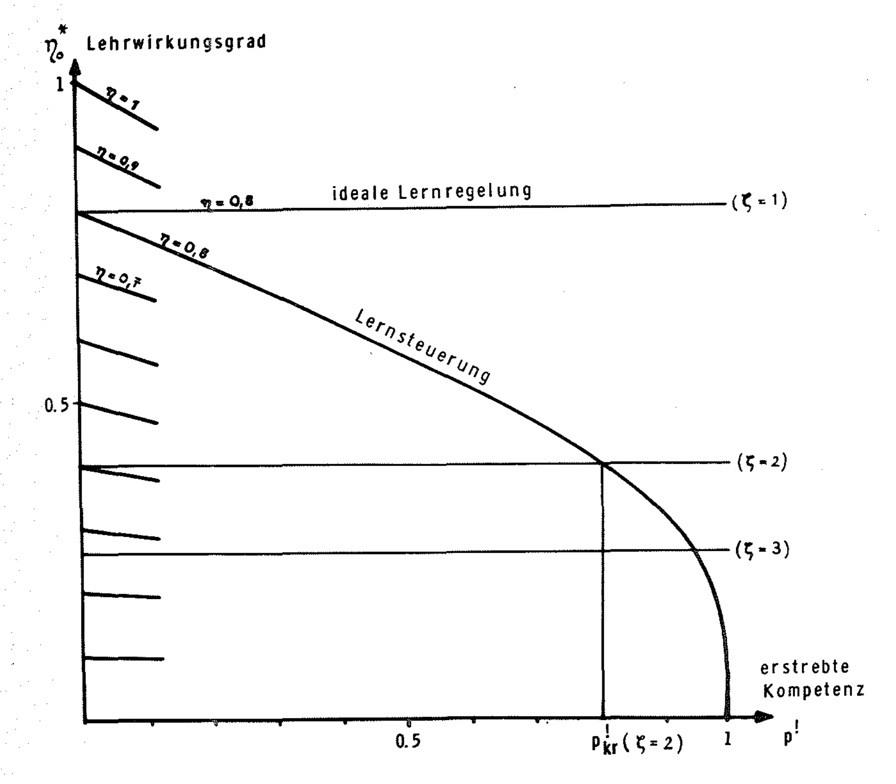


Bild 4 Zur Bestimmung der kritischen Kompetenz $p^!_{kr}$

Schrifttum

Arlt, Wolfgang: Empirische Ergebnisse beim Vergleich verschiedener Lehrprogrammier-Strategien. In Arlt, Hertkorn, Simons (Red.), Formaldidaktiken, Schroedel, Hannover, 1972, S. 153–173. (Nachdruck in Meder/Schmid (Hsg.), Kybernetische Pädagogik, Band 4, Kohlhammer, Stuttgart, 1973, S. 75–95)

Frank, Helmar: Kybernetische Grundlagen der Pädagogik. 2 Bände, Agis, Baden - Baden, ^{2}1969.

Frank, Helmar: Zum Lehrwirksamkeitsvergleich von Bildungsmedien. Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft 16/3, 1975a, S. 83–87.

Frank, Helmar: Neue Bildungsmedien und -technologien in der Schul- und Berufsausbildung. Otto Schwartz & Co, Göttingen, 1975 b

Frank, Helmar: Mallonga enkonduko en la kibernetikan pedagogion. In: Behrmann/Stimec (Hsg.), Bildung und Berechnung, Verlag difo-druck, Bamberg, 1976a, S. 9–55.

Frank, Helmar: Über den informationspsychologischen Zusammenhang zwischen dem Wirkungsgrad eines Unterrichts und dessen Lehrziel. In: G. Lobin (Hsg.), Kybernetik und Bildung II, Schöningh und Schroedel, Paderborn und Hannover, 1976b, S. 151–161

Frank, H., Hoepner, I. u. Winguth, H.: Audiovisuelle Lehrmaschinenprogramme in der Hochschuldidaktik. In Rollett/Weltner (Hsg.), Perspektiven des programmierten Unterrichts, Österreichischer Bundesverlag, Wien, 1970, S. 243–246. (Nachdruck in Meder/Schmid, (Hsg.), Kybernetische Pädagogik, Band 3, Kohlhammer, Stuttgart, 1973, S. 143–148)

Frank, H.G. u. Meder, B.S.: Einführung in die kybernetische Pädagogik. dtv München, 1971 (Nachdruck in Meder/Schmid, Kybernetische Pädagogik, Band 5, Kohlhammer, Stuttgart, 1974, S. 381–584)

Graf, Klaus Dieter: Formale Didaktik und Formaldidaktiken. Ein Überblick über Entwicklung und Ansätze bis 1971. Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft. 14/4, 1973, S. 109–120

Riedel, Harald: Psychostruktur. Verlag Schnelle, Quickborn, 1967

Walter, Hellmuth: Voraussetzungen für einen übergreifenden Medienvergleich — eine kritische Stellungnahme zum modelltheoretischen Ansatz von H. Frank. Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft 16/3, 1975, S. 88–90

Weltner, Klaus: Zur Bestimmung der subjektiven Information durch Ratetests. In: J. Schröder (Red.), Praxis und Perspektiven des Programmierten Unterrichts, Band II. Schnelle, Quickborn, 1967, S. 69–74

Weltner, Klaus: Informationstheorie und Erziehungswissenschaft. Verlag Schnelle, Quickborn, 1970.

Eingegangen am 1. Mai 1977

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. H. Frank, D-4790 Paderborn, Brockhöfe 2

Zum Wert redundanter Information

von Wolfgang KRAH, Bersenbrück

Wird einem Empfänger eine für ihn relevante Information angeboten, die er bereits früher einmal empfangen und gespeichert hat, so muß er entscheiden, ob er diese Information sich durch erneuten Erwerb oder durch Rückgriff auf seinen Speicher verfügbar machen soll. Da angenommen werden darf, daß der Empfänger die Information sich mit möglichst geringem Aufwand verfügbar machen will, wird er die Variante mit dem geringsten Aufwand zu wählen versuchen. Für ihn wird somit eine erneut angebotene Information dann einen Wert haben, wenn der Aufwand, sie zu erwerben, kleiner ist als der Aufwand, sie sich aus einem Speicher mittels der jeweils erforderlichen Operationen verfügbar zu machen. Anderenfalls ist das erneute Informationsangebot wertlos, da er sich die Information ja mit geringerem Aufwand aus seinem Speicher verfügbar machen kann.
Um den richtigen Entscheid treffen zu können, muß der Empfänger die beiden Aufwände (man könnte auch von Kosten im weiteren Wortsinn sprechen) gegeneinander abwägen. Dazu sind sie zuvor zu analysieren.

Betrachtungen zum Aufwand, Informationen verfügbar zu machen

Der Aufwand für den Erwerb einer Information, nennen wir ihn $A(E)$, kann als aus folgenden Anteilen bestehend aufgefaßt werden:

a) Aufwand an Zeit. Da jede Informationsaufnahme immer Zeit erfordert, ist dieser Aufwand nie streng Null.

b) Aufwand an irgendwelchen Aktivitäten. Hier ist zunächst zu denken an die zur reinen Informationsaufnahme nötigen Aktivitäten. Zuweilen werden aber weitere erforderlich sein, um die Information in eine geeignete Form umzuformen. Hierzu weiter unten einige Erläuterungen.

c) Für den Erwerb der Information kann ein bestimmter Preis zu zahlen sein.

Ebenso besteht der Aufwand, eine gespeicherte Information verfügbar zu machen, nennen wir diesen Aufwand $A(V)$, aus mehreren Anteilen. Die Aufwände für diese einzelnen Anteile können in weiten Grenzen schwanken, daher $A(V)$ insgesamt ebenfalls.

a) Die gespeicherte Information ist möglicherweise nicht dort gespeichert, wo sie genutzt werden soll. Da sie immer an einen Träger gebunden ist (Schriftstück, Zeichnung, Tonband usw.), besteht der erste Summand aus dem Aufwand für den Informationstransport vom Platz im Speicher zum Nutzungsort. (Der Fall wird grundsätzlich nicht anders, höchstens komplizierter, wenn die Information vor dem Transport auf einen neuen Träger „umgeladen" wird.) Daß dieser Aufwand zuweilen durchaus zu Buche schlägt, sieht man leicht: Gebühren, Botenlohn u.a. In Extremfällen kann dieser Summand sehr groß werden: der Speicher ist durch widrige Umstände sehr schwer zugänglich geworden, starke Behinderungen des Transports u. dergl.

(Mit Absicht habe ich bisher durchgängig den etwas schwerfälligen Ausdruck „bereits früher einmal erworbene und gespeicherte Information" verwendet. Könnte man ihn nicht durch den wohlbekannten kürzeren Ausdruck „redundante Information" ersetzen? Man könnte natürlich redundante Information als bereits früher einmal erworbene und gespeicherte Information definieren. Aber das tun nicht alle Autoren. Man kann z.B. auch eine Information nur dann als redundant für einen Empfänger bezeichnen, wenn sie in einem sog. „innern" Speicher des Empfängers gespeichert ist. Dann fallen Speicherungs- und Nutzungsort zusammen, so daß der Anteil des Transportaufwandes entfällt. Für eine solche einschränkende Definition mag es gute Gründe geben, wenn ausschließlich menschliche Individuen als Empfänger betrachtet werden. Bei informationsspeichernden und -verarbeitenden Systemen überhaupt dürfte es aber schwierig sein, ein unproblematisches Kriterium für die Unterscheidung zwischen innern und äußern Speichern anzugeben. Zudem ist es vom praktischen Gesichtspunkt aus unzweckmäßig, diesen ersten Aufwandsanteil auszuklammern, da er nicht selten eine erhebliche Rolle spielt.

Da hier nicht die Aufgabe ansteht, für diese oder jene Definition von „redundanter Information" Partei zu ergreifen, mag man, wenn ich im Weiteren um der Kürze willen den Ausdruck der redundanten Information verwende, diesen in Gedanken in Anführungszeichen setzen, falls man ihn als zu weit gewählt ansieht.)

b) Vor dem Transport muß jedoch oft erst der Speicherort der Information ermittelt werden. Dies geschieht entweder durch direkte Suche des Speicherortes oder durch Suche in einer Liste über Speicherplätze von Informationen. Den zweiten Summanden des hier interessierenden Aufwands könnten wir daher Ermittlungs- oder Suchaufwand nennen. Bei sehr großem Speicherinhalt und fehlender oder mangelhafter Dokumentation desselben kann auch dieser Summand sehr große Werte annehmen, so daß allein schon seinetwegen dem erneuten Erwerb der Information der Vorzug gegeben wird.

   Als Beleg für das Auftreten dieses Falles könnte man erwähnen, daß zuweilen Daten experimentell ermittelt werden, obwohl man weiß daß sie in der Literatur zu finden wären, denn man vermutet, daß die Kosten, sie zu finden, wahrscheinlich höher wären als die für die Experimente.

c) Der nächste Aufwandsanteil ergibt sich aus folgender Überlegung:
   Eine Information (Bestehen des Sachverhalts Sv_i mit der Wahrscheinlichkeit p (Sv_i) muß in der Wirklichkeit, also wenn sie transportiert, gesucht, genutzt usw. werden soll, immer in einer bestimmten Form vorliegen. Das Thema „Form von Informationen ist sehr weitläufig (von Weizsäcker, C.F. 1967); für unsere Zwecke genügt zu berücksichtigen, daß diese Form vom praktischen Standpunkt aus gesehen drei Hauptaspekte zeigt: a) den materiellen, b) den sprachlichen, c) den logischen.
   Unter a) verstehen wir die raumzeitliche Form des Informationsträgers. Beispiele: die Formen der Zeichen und ihre Anordnung in einem schriftlichen Text; zeitliche Dauer und Intesität von optischen oder akustischen Impulsen und die Sequenz, in der sie einander folgen.

   Mit b) ist erstens die Sprache gemeint, in der die Information vorliegt, wobei nicht nur an die Nationalsprachen zu denken ist, sondern auch an „Kunstsprachen", wie die der chemischen Gleichungen, der „symbolischen Logik" usw. Zweitens ist innerhalb einer Sprache die grammatische Variante gemeint, mit der der betreffende Sachverhalt ausgedrückt wird. Bekanntlich existieren meist sehr viele derartige Varianten.
   Beispiele: „der A besitzende B ...", „der B, der A besitzt ...", „Der B, in dessen Besitz sich A befindet ..." usw.
   c) gibt an, in welcher der logisch äquivalenten Aussagen, die das Bestehen von $p(Sv_i)$ beinhalten, die Information vorliegt.
   Beispiele: „A ist intensiver als B" ist logisch äquivalent, „B ist weniger intensiv als A", „Nicht sowohl A wie B" ist logisch äquivalent, „Nicht A oder nicht B" u. dergl.

Da eine Information in einer Form angeboten werden oder gespeichert sein kann, die für ihre Nutzung ungeeignet ist oder erscheint, ergibt sich als dritter etwaiger Teilaufwand der Aufwand für die Umformung der betreffenden Information aus ihrer vorliegenden Form in eine für die Nutzung erforderlich gehaltene. (Dieser Aufwandsanteil kann auch für den Erwerbsaufwand eine Rolle spielen) – Wegen der eben abgehandelten drei Aspekte der Form der Information kommen Umformungen, die den materiellen, den sprachlichen und den logischen Aspekt betreffen, in Betracht. Beispiele: a) betreffend: Umschreiben in ein anderes Alphabet, Umwandlung optischer Signale in akustische; b) betreffend: Übersetzung in eine andere Sprache; c) betreffend: logische Umformungen besonders Deduktionen.

Auch dafür, daß Informationsumformungen enormen Aufwand erfordern können, lassen sich unschwer zahlreiche Beispiele anführen. Hinsichtlich des entstehenden Aufwandes sind von den Informationsumformungen, die den logischen Aspekt betreffenden die interessantesten. Daher nur zu diesen einige Überlegungen.

Ein Speicher eines Empfängers E mit den Informationen $I_1, I_2 \dots I_n$, deren Gesamtheit kurz mit $\{I_i\}$ bezeichnet sei, enthält logisch gesehen nicht nur $\{I_i\}$, sondern zusätzlich alle Informationen, die aus $\{I_i\}$ logisch folgen, die Folgerungsmenge F $\{I_i\}$ von $\{I_i\}$. Das hat zur Folge, daß eine E angebotene Information für E auch dann redundant sein kann, wenn sie in seinen Speicher nie in einem bestimmten Speicherungsakt eingespeichert wurde, wenn die angebotene Information mit keiner der n gespeicherten Information inhaltsgleich ist. Denn sie kann ja mit einem Element der F $\{I_i\}$ inhaltsgleich und deshalb redundant sein. Dann besteht der erforderliche Aufwand darin, das zur betreffenden Information inhaltsgleiche Element in der Folgerungsmenge zu ermitteln. Hierbei sind spezielle sehr einfache Fälle möglich, bei denen der resultierende Aufwand vernachlässigt werden darf. Beispiel: Befinden sich im Speicher die Informationen „A kleiner als B" und „B kleiner als C", so wird E die angebotene Information „A kleiner als C" sofort, sozusagen automatisch, also ohne merklichen Aufwand als redundant feststellen. Oft aber ist es extrem aufwendig zu ermitteln, ob

1. eine angebotene Information in F $\{I_i\}$ überhaupt enthalten ist; und, falls die Antwort hierauf positiv ausfällt,
2. wie man das betreffende Element der F $\{I_i\}$ finden kann.

Das Problem hat zuweilen erhebliche Praxisrelevanz: soll man lieber Experimente und Messungen ausführen, um durch sie eine gewünschte Information zu erwerben, oder soll man mit Hilfe von Rechnungen, die vergleichbare Kosten verursachen würden, aus vorhandenen Informationen (in diesem Fall vorwiegend aus sog. Daten) sich die gewünschte Information verfügbar machen?

Abschließend sei an einem Beispiel gezeigt, wie das in diesem Artikel entwickelte Prinzip des kleinsten Aufwandes als Bewertungs- und damit Auswahlkriterium dazu beitragen kann, einzelne, spezielle Redundanzprobleme besser zu verstehen. Als solches Beispiel sei die für einen Textautor nicht unwichtige Frage gewählt, wann im Text eine schon gegebene Information wiederholt werden soll.

Ein Autor steht bei der Abfassung seines Textes bei Stellen, die einen Rückgriff auf schon gebrachte Information erfordern, vor der Frage, ob er diese Information nochmals bringen, also die Redundanz des Gesamttextes erhöhen soll, oder ob er sich mit einem Hinweis auf jene Information begnügen darf. Ebenso muß er entscheiden, wie ausführlich logische Umformungen dem Leser darzulegen sind; soll der Verfasser dem Leser die Umformung in möglichst vielen, möglichst kleinen Schritten vorführen oder genügt es, nur das Resultat anzugeben, eventuell mit einem Hinweis auf das benutzte Verfahren oder einen für die Umformung wichtigen Umstand?

In all diesen Fällen wird die Entscheidung — wenn auch nicht immer ausschließlich — davon abhängen, welchen Aufwand zum Verfügbarmachen der Information durch den Leser der Autor bei den auszuwählenden Textvarianten annimmt. Er wird diejenige wählen, bei der ihm jener Aufwand am geringsten zu sein scheint (falls nicht noch weitere Umstände zu berücksichtigen sind). Hält der Verfasser die nochmalige Aufnahme der Information durch den Leser für aufwendiger (Zeitaufwand) als die psychischen Anstrengungen, sich ihrer zu erinnern, oder die anstehende logische Umformung zu verstehen, dann wird er die Information nicht nochmals bringen bzw. die Umformung in extenso darlegen. Ist er aber der gegenteiligen Ansicht, so wird er es tun.
Ein Beurteiler seines Textes (z.B. ein Rezensent) wird seinerseits genauso wie der Autor verfahren. Wenn bzw. dort, wo er die alternativen Aufwände wie der Verfasser betrachtet, wird er dessen Variantenentscheidung billigen; wenn er die gewählte Variante nicht als die des geringsten Aufwandes betrachtet, wird er den Text als zu wenig oder als zu stark redundant kritisieren.

Schrifttum

von Weizsäcker, C.F. „Sprache als Information" in „Sprache und Wirklichkeit" — Deutscher Taschenbuchverlag München 1967, S. 186 ff.

Eingegangen am 20. April 1977

Anschrift des Verfassers:

Dr. W. Krah, Quakenbrücker Str. 10, 4558 Bersenbrück

Richtlinien für die Manuskriptabfassung

Es wird zur Beschleunigung der Publikation gebeten, Beiträge an die Schriftleitung in doppelter Ausfertigung einzureichen. Etwaige Tuschzeichnungen oder Photos brauchen nur einfach eingereicht zu werden.

Artikel von mehr als 12 Druckseiten Umfang können in der Regel nicht angenommen werden. Unverlangte Manuskripte können nur zurückgesandt werden, wenn Rückporto beiliegt. Es wird gebeten, für die Aufnahme in die internationale Knapptextbeilage „Homo kaj Informo" eine knappe, aber die wichtigsten neuen Ergebnisse des Beitrags für Fachleute verständlich wiedergebende Zusammenfassung (Umfang maximal 200 Wörter) in Internationaler, notfalls deutscher Sprache beizufügen.

Die verwendete Literatur ist, nach Autorennamen alphabetisch (verschiedene Werke desselben Autors chronologisch) geordnet, in einem Schrifttumsverzeichnis am Schluß des Beitrags zusammenzustellen. Die Vornamen der Autoren sind mindestens abgekürzt zu nennen. Bei selbständigen Veröffentlichungen sind Titel, Erscheinungsort und -jahr, womöglich auch Verlag, anzugeben. Zeitschriftenbeiträge werden vermerkt durch Name der Zeitschrift, Band, Seite (z. B. S. 317—324) und Jahr, in dieser Reihenfolge. (Titel der Arbeit soll angeführt werden.) Im selben Jahr erschienene Arbeiten desselben Autors werden durch den Zusatz „a", „b" etc. ausgezeichnet. Im Text soll grundsätzlich durch Nennung des Autorennamens und des Erscheinungsjahrs des zitierten Werkes (evtl. mit dem Zusatz „a" etc.), in der Regel aber nicht durch Anführung des ganzen Buchtitels zitiert werden. Wo es sinnvoll ist, sollte bei selbständigen Veröffentlichungen und längeren Zeitschriftenartikeln auch Seitenzahl oder Paragraph genannt werden. Anmerkungen sind zu vermeiden. Im übrigen wird auf die „Mindestgütekriterien für kybernetisch-pädagogische Originalarbeiten in deutscher Sprache" (abgedruckt u. a. in „Kybernetik und Bildung I", Verlagsgemeinschaft Schroedel/Schöningh, Hannover und Paderborn 1975) verwiesen, die von Schriftleitung und Herausgebern der Beurteilung der eingereichten Manuskripte sinngemäß zugrundegelegt werden.